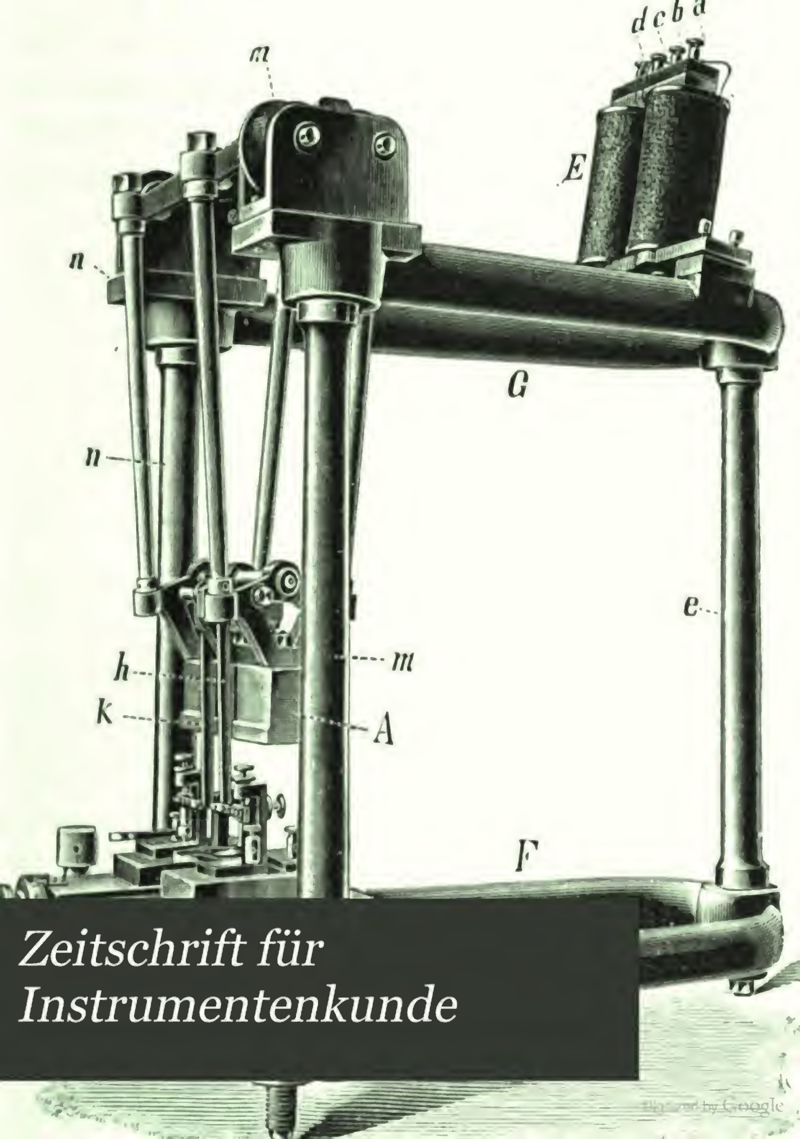


Zeitschrift für Instrumentenkunde

ZEITSCHRIFT
FÜR
INSTRUMENTENKUNDE.

Organ
für
Mittheilungen aus dem gesammten Gebiete der wissenschaftlichen Technik.

Herausgegeben
unter Mitwirkung der
Physikalisch-Technischen Reichsanstalt
von

E. Abbe in Jena, **Fr. Arzberger** in Wien, **S. Czapski** in Jena, **W. Foerster** in Berlin, **R. Fuess** in Berlin, **E. Hammer** in Stuttgart, **H. Kronecker** in Bern, **H. Krüss** in Hamburg, **H. Landolt** in Berlin, **V. v. Lang** in Wien, **S. v. Merz** in München, **G. Neumayer** in Hamburg, **A. Raps** in Berlin, **J. A. Repsold** in Hamburg, **A. Rueprecht** in Wien, **A. Westphal** in Berlin.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

Einundzwanzigster Jahrgang 1901.

Mit Beiblatt: Deutsche Mechaniker-Zeitung.

Berlin.
Verlag von Julius Springer.
1901.

Inhaltsverzeichniss.

Seite

Die Quecksilbernormale der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt für das Ohm. Von W. Jaeger und K. Kahle . . . 1
Theorie des zweilinsigen Objektivs. Von K. Strehl . . . 10
Der Kurven-Indikator zur Bestimmung des zeitlichen Verlaufs von Wechselstromkurven und anderer periodischer elektrischer Vorgänge. Von R. Franke . . . 11
Untersuchungen über Normal-Elemente, insbesondere über das Weston'sche Kadmium-Element. Von W. Jaeger und St. Lindeck . . . 33. 65
Ueber ältere Porträtobjektive. Von M. von Rohr . . . 49
Ueber die Vortheile der Anwendung von Instrumenten mit Dämpfung für die Erdbebenforschung. Von O. Hecker . . . 81
Ueber Farbgläser für wissenschaftliche und technische Zwecke. Von R. Zsigmondy . . . 97
Ueber Jenenser Lichtfilter. Von C. Grebe . . . 101
Die Thätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1900 . . . 105. 138
Ueber ein Mikrophotometer zur Messung der Absorption des Lichts. Von J. Koenigsberger 129
Untersuchung der Konstanz von Siedethermometern aus dem Glase 59^{III}. Von O. Hecker . 133
Die Anwendung einer Skale bei mehrprismigen Spektralapparaten mit automatischer Einstellung. Von H. Krüss . . . 161
Zeichenapparat für schwache Vergrösserungen. Von M. Berger . . . 171
Bestimmung der Spannkraft des gesättigten Wasserdampfes bei Temperaturen zwischen — 12° und + 25°, insbesondere bei 0°. Von M. Thiesen und K. Scheel . . . 175
Bestimmungen zur Ausführung des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maasseinheiten . . . 180
Sarasin's neues selbstregistrirendes Limnimeter. Von H. Ebert . . . 193
Herstellung und Montirung der Quecksilberlampe. Von O. Lummer . . . 201
Ueber einen Neigungsmesser. Von C. Pulfrich . . . 205
Ueber einige stereoskopische Versuche. Von C. Pulfrich . . . 221
Ueber einen Universal-Spektralapparat. Von G. Melander . . . 224
Eine neue Ausführungsform des Feussner'schen Kompensationsapparates. Von O. Wolff . 227
Ueber eine Prüfungstafel für stereoskopisches Sehen. Von C. Pulfrich . . . 249
Augenabstandsmesser. Von E. Dönitz . . . 260
Horizontal-Schliff mit Quecksilberverschluss. Von G. W. A. Kahlbaum . . . 265
Thermometrische Untersuchungen. Von W. Schloesser . . . 281
Ueber einige Neuerungen an Waagen der Firma J. Nemetz in Wien. Von B. Pensky . . . 298
Die elektrische Heizeinrichtung des Potsdamer Sternspektrographen Nr. III. Von J. Hartmann 313
Kleines Durchgangsinstrument. Von A. Fennel . . . 326
Transportabler Apparat für Cavendish's Versuch über Massenanziehung. Von M. Kohl . . . 328
Ueber das Verhalten der Aneroide bei tiefen Temperaturen. Von H. F. Wiebe und P. Hebe 331
Ueber ein einfaches und empfindliches Quadrantenelektrometer. Von F. Dolezalek . . . 345
Ueber die Korrektion für die Skalenausdehnung bei Einschlussthermometern. Von H. F. Wiebe 350
Neue Form des Wernicke'schen Flüssigkeitsprismas. Von C. Leiss . . . 356

Referate.

Der Crossley-Reflektor der Lick-Sternwarte . . . 20
Borel's Hülfskompensation für Chronometer . . . 20
Ueber die Härte von Metallen. — Ueber die Elastizität und die Härte von krystallisirter, amorpher und wasserhaltiger Kieselsäure . . . 21
Empfindliches Manometer . . . 22

	Seite
Bestimmung der Ausdehnung des Jenaer Verbrennungsröhrenglases	23
Ueber die höchsten hörbaren und unhörbaren Töne	23
Die Beschaffenheit der gelben Natriumlinien	25
Universalgoniometer mit mehr als zwei Drehachsen und genaue graphische Rechnung	26
Anwendung des Radiomikrometers zur Messung kurzer elektrischer Wellen	27
Der Almukantar der Sternwarte zu Durham	53
Neue Formen des logarithmischen Rechenschiebers	55
Ueber den Einfluss des Erdmagnetismus auf ein magnetisirtes Chronometer	57
Apparat zur Bestimmung der spezifischen Wärme fester und flüssiger Körper	57
Ueber Mikrostereoskopie und eine neue vergrössernde Stereoskopkamera	58
Ueber die Absorption des Lichts in festen Körpern	59
Neue Spaltvorrichtung an Spektralapparaten	59
Ueber eine Fehlerquelle beim Gebrauch eines ballistischen Galvanometers	60
Ueber das Studium entfernter Gewitter mittels des Elektro-Radiophons	60
Einfaches Schulmikrotom	61
Ueber die Messung hoher Temperaturen	84
Eine neue Methode zur Dickenbestimmung dünner Blättchen	89
Ueber die Geschwindigkeit des Lichts	90
Neuer Halbschattenanalysator	90
Schlagweite zwischen Platten von geringem Abstand	92
Ueber eine Methode zur Bestimmung der Frequenz periodischer Ströme	94
Bestimmung des Spannungskoeffizienten reinen Wasserstoffs zwischen 0° und 100° C.	121
Ueber die Ergebnisse der in den letzten Jahren ausgeführten Untersuchungen im ultrarothen Theil des Sonnenspektrums	121
Apparat zur Erzeugung luftlinienfreier Spektra	122
Quadrantenelektrometer für Wechselstrommessungen	123
Elektrisches Mikrometer	123
Helmholtz' Pendelunterbrecher	124
Auftrage-Apparate für Polarkoordinaten	125
Meridian-Mire mit zylindrischem Spiegel	156
Bestimmung der Poisson'schen Zahl mit Hülfe eines Interferenzapparates	156
Ueber optische Erscheinungen am Turmalin von Elba und am Quarz	157
Ueber astigmatische Linsen	157
Anwendung der Manometerflamme beim Telephon	158
Tesla-Transformator ohne Oelisolation	158
Kurbelrheostaten für Messzwecke	159
Refraktion innerhalb des Fernrohres	182
Patent-Kreisrechenschieber zum Distanz- und Höhenmessen	183
Fernübertragung der Angaben eines Anemometers	184
Selbstthätiger Thermoregulator	184
Vorrichtung zur Beobachtung von Fluoreszenz- und Opaleszenzerscheinungen	184
Neues Mikrometerokular	185
Kontaktgoniometer und Transporteur einfacher Konstruktion	185
Falsche Spektra beim Rowland'schen Konkavgitter	186
Neue Methode zur Bestimmung der Lage der Absorptionsbanden im Spektrum	186
Eine direkte Methode für Wechselstromanalyse	187
Kompensationsapparat von Carpentier	188
Saitenunterbrecher	190
Mechanische Kompensation der Drehung des Gesichtsfeldes des Siderostaten	208
Mechanische Kompensation der Drehung des Gesichtsfeldes des Siderostaten	209
Apparat zur Mitführung der photographischen Platte, welche den von einem Siderostaten kommenden Strahlen exponirt ist	210
Mechanische Kompensation der Rotation des von einem Siderostaten oder Heliostaten gelieferten Gesichtsfeldes	210
Astronomisches Nivellement durch Württemberg etwa entlang dem Meridian 9° 4' östlich von Greenwich. — Direkte Polhöhenbestimmung für einen Punkt in Stuttgart	211
Praktisches Verfahren, um ein Chronometer vollständig zu kompensiren	212

	Seite
Verflüssigung des Wasserstoffs	213
Neigungsmesser für Schiffe	216
Universalbrücke nach Carey Foster	217
Neue Methode, die Schwingungen einer Stimmgabel zu unterhalten	218
Verbesserte Methode zur Bestimmung der Schwingungszahl von Stimmgabeln	232
Bestimmung des Siedepunktes flüssigen Wasserstoffs durch das Wasserstoff- und Helium-Gas-thermometer	233
Dampfkalorimeter zur Messung der Sonnenwärme	235
Neues Interferometer	237
Ein dreikreisiges Goniometer	239
Ueber Oszillographen	239
Elektrischer Apparat zur Messung des Gehalts der Luft an Grubengas	246
Apparat zur Demonstration des Doppler-Fizeau'schen Prinzips	266
Relative Schweremessungen. I. Messungen auf 10 Stationen des Tübinger Meridians	269
Ueber ein Manometer und über das Gasdruckgesetz zwischen 1,5 und 0,01 mm Quecksilber	271
Ueber die Ausdehnung von Porzellan und Glas in hoher Temperatur	273
Dielektrizitätskonstanten reiner Flüssigkeiten	274
Neues System von elektrischen Strom- und Spannungsmessern	276
Elektrische, auf dem Prinzip der Waage beruhende Messinstrumente	276
Das Comptometer	277
Ueber die Ermittelung von Entfernungen und Höhen aus perspektivischen Beziehungen	278
Ueber einen Drehkomparator zur Vergleichung und Ausdehnungsbestimmung von Maassstäben	302
Waage mit konstanter Empfindlichkeit	303
Ueber die spezifische Drehung des Zuckers und ihre Aenderung mit der Temperatur und der Wellenlänge	304
Dielektrizitätskonstante einiger Gase und Dämpfe in ihrer Abhängigkeit von der Temperatur	307
Erzeugung und Messung von Sinusströmen	308
Joch zur Aufnahme von Magnetisirungskurven	310
Ein vollständig astatisches Galvanometer	311
Der Hensoldt'sche Entfernungsmesser	311
Meteorograph für veränderliche Polhöhe mit grossem Bildfeld und vollständig freier Visur	334
Experimentelle Untersuchungen über die Deformationen bei der Berührung elastischer Körper	335
Ueber die angebliche Anomalie des Sauerstoffs bei geringem Drucke	337
Laboratoriumsbarometer mit automatischer Nulleinstellung	338
Wasserbad von konstanter Temperatur	338
Studien über die Thermochemie sehr verdünnter Lösungen	338
Untersuchungen über Platinwiderstände und Petrolätherthermometer	339
Allgemeine Eigenschaften der Bilder, welche bei einem System zentrirter brechender Flächen von den Zentralstrahlen erzeugt werden	342
Methode zur Analyse harmonischer Wellen	342
Experimentelle Bestimmung der Oberflächenspannung flüssiger Luft	357
Messungen und Berechnungen über die Korrektionen des Quecksilbermeniskus in Normal-Gasmanometern	358
Behandlung verflüssigter Gase in zugesiegelten Röhren	359
Praktische Annäherung an die thermodynamische Temperaturskale	360
Abhängigkeit der Absorption des Lichtes in festen Körpern von der Temperatur	362
Apparat zur Messung der Krümmungen und anderer Konstanten eines optischen Systems	362
Nachweis der Zerlegung des Lichtes in zwei zirkulare Komponenten bei der elektromagnetischen Drehung der Polarisationsebene	363
Apparat zum Photometriren in allen Richtungen des Raumes	364
Der scheinbare Widerstand eines ballistischen Galvanometers mit beweglicher Spule	366
Versuche mit einem Hochspannungstransformator	367
Bemerkungen über den Hensoldt'schen Entfernungsmesser	368
Erwiderung auf vorstehende Bemerkungen	370
Neu erschienene Bücher	29. 61. 95. 126. 159. 190. 218. 247. 279. 311. 344. 371
Notiz	64. 128

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXI. Jahrgang. **Januar 1901.** Erstes Heft.

Die Quecksilbernormale der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt für das Ohm[1]).

Von

W. Jaeger und **K. Kahle.**

Diese Mittheilung bildet die Fortsetzung einer im zweiten Bande der „Wissenschaftlichen Abhandlungen" enthaltenen Veröffentlichung, über welche in *dieser Zeitschrift* ***16.*** *S. 134. 1896* berichtet wurde. Dort findet man Angaben über die Herstellung von zwei Quecksilber-Normalrohren (Nr. XI und XIV) aus Jenaer Glas 16^{III}. Obgleich beide Rohre innerhalb der möglichen Beobachtungsfehler übereinstimmten, hielt man es doch für rathsam, eine grössere Anzahl von Rohren zur Definition der praktischen Widerstandseinheit zu benutzen und fügte daher noch weitere drei (Nr. 106, 114 und 131) hinzu.

Um etwaigen systematischen Fehlern zu begegnen, wurden bei zwei neuen Rohren die Querschnitte so verschieden gewählt, wie es aus praktischen Gründen noch zulässig erscheint. Nr. 131 besitzt einen Querschnitt von etwa $^1/_2$ *qmm* bei 2 Ohm Widerstand, Nr. 106 von etwa 1,3 *qmm* bei $^1/_2$ Ohm, während das dritte der neuen Rohre, Nr. 114, ebenso wie die beiden alten, einen Widerstand von etwa 1 Ohm bei $^3/_4$ *qmm* Querschnitt hat. Es hat sich herausgestellt, dass ein Einfluss des Querschnittes nicht erkennbar ist, da alle Rohre innerhalb der möglichen Beobachtungsfehler (auf wenige Hunderttausendtel) übereinstimmen.

Die Methoden der Ausmessung und Vergleichung der Rohre sind im Wesentlichen die früher beschriebenen.

A. Geometrische Ausmessung der Rohre.

Nach den gesetzlichen Bestimmungen berechnet sich der Widerstand eines zylindrischen, mit Quecksilber gefüllten Rohres, abgesehen vom Ausbreitungswiderstand, in internationalen Ohm zu

$$W = \frac{14{,}4521}{(1063)^2} \frac{CL^2}{G} = 12{,}78982 \cdot 10^{-6}\, C\, \frac{L^2}{G},$$

wo C, L, G den Kaliberfaktor des Rohres, die Länge in Millimeter und das Gewicht des Quecksilberinhaltes in Gramm bedeuten; der Zahlen-Koeffizient des zweiten Ausdrucks stellt diejenige Quecksilbermenge in Gramm dar, welche ein Rohr von 1 *m* Länge und 1 Ohm Widerstand bei 0° füllen würde. Es sind also zur geometrischen Ausmessung der Rohre die Grössen C, L und G zu bestimmen.

[1]) Aus den *Wissensch. Abhandl. d. Phys.-Techn. Reichsanstalt* ***3.*** *S. 95. 1900* mitgetheilt von W. Jaeger. Vgl. auch W. Jaeger und K. Kahle, Die Grundlagen der elektrischen Widerstandseinheit für die Phys.-Techn. Reichsanstalt. *Wied. Ann.* ***64.*** *S. 456. 1898.*

Zu diesem Widerstand kommt nun noch der Ausbreitungswiderstand an den Enden der Rohre hinzu, der zu berechnen ist als

$$A = \frac{10^{-3}}{1{,}063} \cdot \frac{a}{\pi} \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) = \frac{10^{-3}}{1{,}063} \cdot \frac{a}{\sqrt{\pi Q}} \left(\frac{1}{\sqrt{s_1}} + \frac{1}{\sqrt{s_2}} \right) \text{ int. Ohm,}$$

wo Q den mittleren Querschnitt des Rohrstückes, s_1 und s_2 die auf diesen Querschnitt bezogenen relativen Endquerschnitte, r_1 und r_2 die Endradien und a den Ausbreitungsfaktor bedeuten. Für a wurde, wie früher, nach dem Vorschlag von Dorn der Werth 0,80 gewählt.

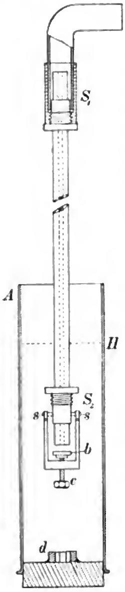


Fig. 1.

Die zur Kalibrirung erforderliche Theilung befand sich, wie bei den älteren Quecksilber-Normalen, auf den Rohren selbst; die Kalibrirung wurde mit Fäden von 20 und 100 *mm* und einem Faden von der halben Länge des Rohres in der früher beschriebenen Weise vorgenommen. Dies hatte sich bei der Kalibrirung der älteren Rohre als vollkommen ausreichend erwiesen. Die Kaliberfaktoren der drei neuen Rohre liegen zwischen 1,00002 und 1,00017, sind also wesentlich kleiner, als die der älteren Rohre (vgl. *S. 3*).

In Betreff der Längenmessung ist zu bemerken, dass für das Rohr Nr. 131 (von 2 Ohm Widerstand), dessen Länge 1 *m* überschreitet, ein Vergleichsintervall auf einem stählernen Rohr von rechteckigem Querschnitt hergestellt wurde, weil das Rohr mit dem Maassstab nicht direkt verglichen werden konnte.

Die Auswägung der Rohre bei 0° wurde diesmal nicht in einem besonders abgekühlten Raume vorgenommen, sondern in einem Raume von Zimmertemperatur. Das anfänglich befürchtete Beschlagen der Rohre mit Wasserdampf beim Abstreichen des Quecksilbers konnte bei einiger Vorsicht vermieden werden. Die mit Quecksilber gefüllten Normalrohre wurden zu dem Zweck in Röhren von 2 *cm* Durchmesser senkrecht eingestellt, welche durch aufgeschliffene Glaskappen verschlossen werden konnten und mit Alkohol gefüllt waren, um den Wasserdampf möglichst zu absorbiren; aussen waren diese Röhren ganz von Eis umgeben. Das Abstreichen des Quecksilbers selbst wurde so schnell vorgenommen, dass eine merkliche Erwärmung des Rohrendes nicht eintreten konnte; die zum Abstreichen des Quecksilbers dienende Glasplatte war mit einer bis zur Mitte reichenden feinen Aetzrinne versehen, um auf das Quecksilber keinen zu grossen Druck auszuüben (vgl. *Wissensch. Abhandl. 2. S. 410. 1895*). Vor jeder Neufüllung wurden die Rohre in der früher angegebenen Weise gereinigt und getrocknet. Zur letzten Ausspülung benutzte man stets destillirtes Wasser, welches die Rohrwandung ohne Tropfenbildung gleichmässig benetzen musste.

Die Füllung der Rohre, die im Vakuum vorgenommen wurde, geschah in ähnlicher Weise, wie früher, doch hatte die Montirung der Rohre eine Verbesserung erfahren. Nahe den Enden der Rohre waren Schraubstücke S_1, S_2 (Fig. 1) mit einem Kitt aus Bleiglätte und Glyzerin aufgekittet, die auch bei den späteren elektrischen Messungen zur Verbindung mit den Endgefässen dienten (vgl. Fig. 4, *S. 7*). An dem unteren Ende S_2 war das Verschlussstück b mittels einschraubbarer Stifte s aufgehängt;

die Glasplatte *b* wurde mittels der sechseckigen Schraube *c* gegen das Rohrende gepresst. Um die Schraube unter Quecksilber lösen zu können, setzte man den Kopf derselben in die ebenfalls sechseckige Schraubenmutter *d* ein, welche auf dem Boden des Gefässes *A* festgekittet war. Durch Drehen des äusseren Gefässes konnte dann die Schraube gelockert werden. Auf das obere Ende S_1 wurde die Schraubenmutter aufgeschraubt, in welcher das zur Quecksilber-Luftpumpe führende Glasrohr eingekittet war, und zwar so weit, bis sie an den vorstehenden Flansch anstiess. Zuletzt wurde der noch bleibende feine Spalt vorsichtig, ohne das Rohr zu erwärmen, mit Klebwachs luftdicht verschlossen. Das untere Ende wurde durch das zur Füllung dienende, bis etwa zur Höhe *H* aufgegossene Quecksilber selbst gedichtet. Im Uebrigen wurde ganz in der früher beschriebenen Weise verfahren.

Der zur Wägung dienende Gewichtssatz wurde nochmals kalibrirt und das 100 *g*-Stück desselben in der Normal-Aichungs-Kommission bestimmt. Die so gefundenen Korrektionen stimmen mit denen vom Jahre 1891 (*Wissensch. Abhandl. 2. S. 457. 1895*) durchschnittlich auf einige Milliontel überein; um diesen Betrag haben die Gewichte sämmtlich zugenommen. Die mittlere Abweichung der einzelnen Füllungen vom Mittelwerth beträgt ± 1/100 000.

Die Ergebnisse der Auswägungen bei 0° sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt; jede Zahl entspricht einer neuen Füllung des Rohres; *v* sind die Abweichungen der einzelnen Zahlen vom Mittelwerth in $^1/_{100}$ *mg*.

Nr. 106	*v*	Nr. 114	*v*	Nr. 131	*v*
11,20108 *g*	− 14	8,43913 *g*	− 1	6,60454 *g*	+ 3
122	0	906	− 8	455	+ 4
129	+ 7	915	+ 1	441	− 10
131	+ 9	916	+ 2	450	− 1
103	− 19	905	− 9	454	+ 3
140	+ 18	927	+ 13	—	—
Mittel 11,20122	± 14	8,43914	± 8	6,60451	± 6

Im Original sind die Beobachtungsdaten selbst, welche zur Berechnung der Grössen *C*, *L*, *G* u. s. w. gedient haben, mitgetheilt und die Kurven für die Kaliberfehler und relativen Querschnitte der drei neuen Rohre angegeben. Ebenso ist das Beobachtungsmaterial für die elektrischen Messungen ausführlich veröffentlicht.

In der folgenden Tabelle sind ausser den Konstanten für die drei neuen Normalrohre Nr. 106, 114, 131 auch diejenigen der beiden älteren Rohre Nr. XI und XIV zusammengestellt.

	Alte Rohre	
	Nr. XI	Nr. XIV
Länge bei 0°	808,367 *mm*	757,771 *mm*
Hg-Inhalt bei 0°	8,38690 *g*	7,38518 *g*
Querschnitt (etwa)	0,763 *qmm*	0,717 *qmm*
Kaliberfaktor	1,001878	1,000341
Widerstand bei 0°	0,998377 int. Ohm	0,994782 int. Ohm
Ausbreitungswiderstand	$0,000976_5$ „ „	0,000989 „ „
Gesammtwiderstand bei 0°	$0,999353_5$ „ „ 1,002183 leg. Ohm	0,995771 „ „ 0,998590 leg. Ohm

	Neue Rohre		
	Nr. 106	Nr. 114	Nr. 131
Länge bei 0°	654,954 *mm*	810,947 *mm*	1009,627 *mm*
Hg-Inhalt bei 0°	11,20122 *g*	8,43914 *g*	6,60451 *g*
Querschnitt (etwa)	1,258 *qmm*	0,766 *qmm*	0,481 *qmm*
Kaliberfaktor	1,000169	1,000021	1,000168
Widerstand bei 0°	0,4898850 int. Ohm	0,996692 int. Ohm	1,974328 int. Ohm
Ausbreitungswiderstand . .	0,0007579 „ „	0,000972 „ „	0,001219 „ „
Gesammtwiderstand bei 0°	0,490642$_9$ „ „	0,997664 „ „	1,975547 „ „
	0,492031$_5$ leg. Ohm	1,000488 leg. Ohm	1,981139 leg. Ohm

Die für die geometrische Berechnung des Widerstandes erreichte Genauigkeit dürfte 1 bis 2 Hunderttausendtel betragen.

Die Widerstände sind bei den folgenden Messungen in *legalen* Ohm angegeben, um die neueren Resultate mit den früheren unmittelbar vergleichbar zu machen.

B. Elektrische Widerstandsmessung.

Sämmtliche Messungen sind in der früher beschriebenen Weise nach der Kohlrausch'schen Methode des übergreifenden Nebenschlusses ausgeführt; die Quecksilberrohre befanden sich stets auf 0°. Der Hauptstrom wurde bei den Vergleichungen der Widerstände von 1 und 2 Ohm zu 0,01 bis 0,02 Amp., bei den Widerständen von $^1/_2$ Ohm zu 0,04 Amp. gewählt. Die Ballastwiderstände I und II in den Galvanometerleitungen (vgl. *diese Zeitschr.* ***16.*** *S. 144. 1896*, Fig. 6) waren 16 Ohm und in einigen Fällen auch 10 Ohm. Unter diesen Umständen entsprach einer Differenz der beiden zu vergleichenden Widerstände von einem Hunderttausendtel ihres Werthes ein Galvanometerausschlag von wenigstens einem Skalentheil.

Als Galvanometer diente wie früher ein Differentialgalvanometer nach Thomson mit einem Widerstand von 6 Ohm in jedem Zweig.

Bei der Messung wurden die zu vergleichenden Widerstände durch Anlegen eines Nebenschlusses N an den grösseren annähernd gleich gemacht und der sie genau abgleichende Werth dieses Nebenschlusses durch Interpolation aus zwei benachbarten Werthen gefunden. In Betreff dieser Interpolation vgl. *Wissensch. Abhandl.* ***2.*** *S. 424 u. 425. 1895.*

Zu den elektrischen Vergleichungen wurden auch die beiden älteren Rohre Nr. XI und XIV von 1 Ohm mit herangezogen.

Zur Vergleichung der 5 Quecksilberrohre unter einander wurden als Zwischenglieder Drahtwiderstände aus Manganin von O. Wolff in Berlin benutzt. Diese Widerstände setzen sich zusammen aus 4 Stück von 1 Ohm (Nr. 148a, 149a, 150a und 151), aus 2 Stück von 2 Ohm (Nr. 223 und 471) und aus 2 Stück zu $^1/_2$ Ohm (Nr. 455 und P). Das letzte Stück ist durch Parallelschaltung der Büchsen Nr. 149a und 150a gebildet. Die Einer stammen aus dem Jahre 1892; sie sind seitdem häufig unter einander verglichen und schon früher an zwei der hier benutzten Quecksilberrohre (XI und XIV) angeschlossen worden (vgl. *S. 9*).

Die Temperaturkoeffizienten dieser Widerstände wurden zwischen 10° und 30° bestimmt. Als Nebenschluss diente für gewöhnlich ein gut ausgewertheter Widerstandskasten; für die Vergleichung des Rohres Nr. 106 von $^1/_2$ Ohm mit den entsprechenden Drahtwiderständen musste ein Nebenschluss von etwa 30 Ohm an die letzteren gelegt werden, den man, da für die Vergleichung eine Genauigkeit von

1/100 000 angestrebt wurde, auf 1/10 000 genau kennen musste. Dieser Nebenschluss wurde durch hinter einander geschaltete Büchsen von 10 und 20 Ohm gebildet, die einschliesslich der Zuleitungsstücke bis zu den Klemmen, an denen das Potential abgenommen wird, auf die Büchsen von 1 Ohm zurückgeführt wurden. In der nebenstehenden Fig. 2 ist der mit P bezeichnete Widerstand sammt dem Nebenschluss N von 30 Ohm abgebildet. Bei den Messungen wurde dann an diesen Nebenschluss und zwar an die Näpfe 2 und 3 ein zweiter, grösserer Nebenschluss zur völligen Abgleichung des Widerstands gelegt; dieser betrug je nach den Büchsen, mit denen Rohr Nr. 106 verglichen wurde, 400 bis 10000 Ohm.

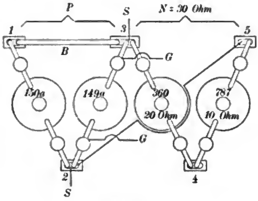


Fig. 2.

In der Figur bedeuten noch S die Stellen, an denen der Strom zugeführt wurde, G diejenigen, an welche das Galvanometer gelegt wurde.

Für die spätere Darstellung ist es von Wichtigkeit, die drei Widerstandsgruppen von $^1/_2$, 1, 2 Ohm auf eine und dieselbe Einheit zu beziehen, mit Hülfe deren sich dann an der Hand der fünf Widerstandsrohre die Uebereinstimmung der berechneten Werthe der letzteren prüfen lässt. Für diese Einheit eignet sich am besten der Mittelwerth M der vier Einerbüchsen, der sich nach früheren Untersuchungen längere Zeit sehr konstant gehalten hat.

Die Vergleichung der Drahtwiderstände unter einander und die Zurückführung derselben auf den Mittelwerth M der vier Einer fand vor und nach den Messungen der Normalrohre statt. Die Uebereinstimmung der einzelnen Messungsreihen war so gut, dass man das Mittel derselben in Rechnung setzen kann. Die Anordnung der Tabellen in dem Anhang der Originalmittheilung für die Messung der Widerstände ist dieselbe, wie im zweiten Band der Wissenschaftlichen Abhandlungen. Die Drahtwiderstände befanden sich bei den Messungen stets in Petroleum, dessen Temperatur auf die Wasserstoff-Skale bezogen wurde.

Bei diesem Messungsverfahren mit Nebenschluss erhält man zunächst die Differenzen der reziproken Widerstandswerthe, da

$$\frac{1}{W_1} = \frac{1}{W_2} + \frac{1}{N}$$

ist, wenn W_1 und W_2 die beiden zu vergleichenden Widerstände bedeuten und N den an den grösseren derselben, W_2, gelegten Nebenschluss.

So lange man nur mit Widerständen von 1 Ohm allein arbeitete, liess sich mit diesen reziproken Werthen sehr bequem direkt rechnen; deshalb sind dieselben auch im zweiten Band bis zum Schluss beibehalten worden. Bei den Widerständen von 2 Ohm und $^1/_2$ Ohm jedoch ist dies wegen der Beziehung auf den Mittelwerth M nicht rathsam; es mussten daher aus den reziproken Werthen noch die Differenzen der Widerstände selbst berechnet werden. Bezeichnet man zu diesem Zweck mit $A_1, A_2 \ldots$ die Werthe der Widerstände, mit $a_1, a_2 \ldots$ die Ueberschüsse derselben über ihren Mittelwerth M, mit $a'_1, a'_2 \ldots$ die Ueberschüsse der reziproken Werthe $\frac{1}{A_1}, \frac{1}{A_2} \ldots$ über ihren Mittelwerth M', so hat man zunächst

$$\left.\begin{array}{ll} A_1 = M + a_1 & \frac{1}{A_1} = M' + a'_1 \\ A_2 = M + a_2 & \frac{1}{A_2} = M' + a'_2 \\ \cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot & \cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot \\ A_n = M + a_n & \frac{1}{A_n} = M' + a'_n \end{array}\right| \text{ mit der Bedingung, dass } \Sigma a_i = 0,\ \Sigma a'_i = 0,$$

woraus folgt

$$M M' = 1 - \frac{1}{n} \sum_1^n a_i a'_i .$$

Für $\sum_1^n a_i a'_i$ kann man angenähert setzen

$$-\frac{1}{M^2} \sum_1^n a_i^2 \text{ oder } -\frac{1}{[M']^2} \sum_1^n a'^2_i .$$

Ferner folgt

$$a_i = -\frac{1}{[M']^2} \left\{ a'_i + \frac{1}{n M'} \Sigma a'^2_i - \frac{a'^2_i}{M'} + \frac{a'^3_i}{[M']^2} - \dots \right\}.$$

Weitere Glieder kommen kaum in Betracht. Für $\frac{1}{[M']^2}$ kann in allen vorkommenden Fällen M^2 gesetzt werden.

In der folgenden Tabelle sind die Werthe der Drahtwiderstände, ausgedrückt in dem als Einheit gewählten Mittelwerth M, zusammengestellt; die Werthe sind alle auf 18° C. reduzirt.

Die Widerstände der Manganinbüchsen von 1 Ohm (Nr. 148a, 149a, 150a, 151) rechnen dabei von den auf den Kupferbügeln derselben angebrachten Schrauben *a* (Fig. 3).

1. Widerstände von 1 Ohm.

	7. Mai 1897	16. Juni 1897	Mittel
M — [148a]	— 0,010 434	— 0,010 432	— 0,010 433 leg. Ohm
M — [149a]	+ 0,003 164_5	+ 0,003 157_5	+ 0,003 161 „
M — [150a]	+ 0,003 213_5	+ 0,003 215_5	+ 0,003 214_5 „
M — [151]	+ 0,004 056	+ 0,004 059	+ 0,004 057_5 „

2. Widerstände von ½ Ohm.

	5. Mai 1897	19. und 20. Mai 1897	10. und 11. Juni 1897	Mittel
$M/2$ — [455]	+ 0,002 052 5	+ 0,002 052 8	+ 0,002 049 8	+ 0,002 051 7 leg. Ohm
$M/2$ — [P]	—	+ 0,001 488 9	+ 0,001 487 3	+ 0,001 488 1 „

3. Widerstände von 2 Ohm.

	12. Mai 1897	4. Juni 1897	15. Juni 1897	Mittel
2 M — [223]	+ 0,008 114	+ 0 008 021	+ 0,008 044	+ 0,008 060 leg. Ohm
2 M — [471]	+ 0,008 579	+ 0,008 555	+ 0,008 554	+ 0,008 563 „

Zur Vergleichung der Quecksilbernormale mit den Drahtwiderständen wurden die Rohre mit kugelförmigen Endgefässen (Fig. 4) von etwa 3 *cm* Durchmesser versehen, die mit ihren kurzen Ansatzstücken in die oben (*S. 2*) beschriebenen Schraub-

stücke gekittet und mittels dieser an den Rohrenden luftdicht befestigt wurden. Ein zweites Ansatzrohr *b* diente zur Verbindung mit der Luftpumpe oder zum Einfüllen des Quecksilbers; es konnte nach der Füllung durch ein aufgesiegeltes Hütchen *d* verschlossen werden. Der Strom wurde der kapillaren Oeffnung des Rohres gegenüber durch einen etwa 1 *mm* dicken, eingeschmolzenen Platindraht *s* eingeleitet, die dünnen Platindrähte *g* führten zum Galvanometer und zum Nebenschluss.

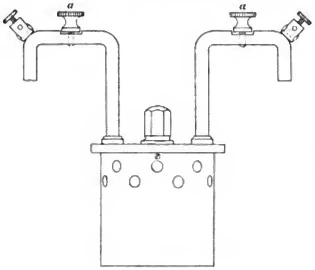


Fig. 3.

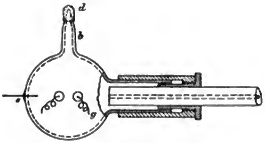


Fig. 4.

Zum Zweck der Füllung wurden die Rohre zunächst, wie bei den Auswägungen, gereinigt und sodann nach Ansetzung der ebenfalls gut gereinigten Endgefässe auf Messingschienen horizontal montirt. Die Füllung wurde wieder im Vakuum mit destillirtem und elektrolytisch gereinigtem Quecksilber vorgenommen. Die Stärke des Messstroms wurde dem Querschnitte der Rohre entsprechend bis 0,04 Amp. gewählt. Mit den Drahtwiderständen wurden die Quecksilberrohre in derselben Weise verglichen, wie jene unter sich.

Die Temperatur des Petroleumbades der Normalrohre wurde durch in 0,1° getheilte Einschlussthermometer bestimmt, die mikrometrisch abgelesen und deren Nullpunkte häufig kontrolirt wurden. Die Temperatur des Petroleumbades war bei den meisten Messungen nur einige tausendtel Grad über Null und konnte durch Nachfüllen von Eis beliebig lange auf ungefähr 0,001° konstant gehalten werden.

Die Rohre haben bis auf Nr. XI einen kleineren Widerstand als die entsprechenden Büchsen; der Nebenschluss wurde also meistens an die Büchsen angelegt, und zwar mittels dicker Zuleitungen, deren Widerstand (0,017 Ohm) nur bei kleinen Nebenschlüssen berücksichtigt zu werden brauchte. Bei Rohr Nr. XI wurde der Nebenschluss an die in den Endgefässen vorgesehenen Platindrähte gelegt, deren Widerstand sammt den übrigen Zuleitungen etwa 0,2 Ohm betrug und in diesem Fall stets berücksichtigt wurde.

In Fällen, wo überschüssige Beobachtungen angestellt waren, wurden dieselben ausgeglichen und diese Werthe der weiteren Berechnung zu Grunde gelegt.

Die folgenden Tabellen enthalten die Ergebnisse der Messungen. Die mitgetheilten Differenzen sind für die Drahtwiderstände auf 18° der Wasserstoff-Skale und für die Quecksilberwiderstände auf 0° reduzirt. Letztere Korrektion betrug bei der gewählten Anordnung nur wenige Milliontel. Jede Kolumne der Tabelle entspricht einer neuen Füllung des betreffenden Rohres.

1. Rohr Nr. XI.
1 Ohm.

	28. Mai 1897	3. Juni 1897	16. Juni 1897	Mittel
[148a] — [XI]	+ 0,012 817	+ 0,012 831	+ 0,012 802	+ 0,012 817 leg. Ohm
[149a] — [XI]	— 0,000 778	— 0,000 763	— 0,000 788	— 0,000 776 „ „
[150a] — [XI]	— 0,000 834	— 0,000 817	— 0,000 844	— 0,000 832 „ „
[151] — [XI]	— 0,001 673	— 0,001 662	— 0,001 688	— 0,001 674 „ „

2. Rohr Nr. XIV.
1 Ohm.

	27. Mai 1897	29. Mai 1897	5. Juni 1897	11. Juni 1897	Mittel
[148a] — [XIV]	+ 0,016 442	+ 0,016 452	+ 0,016 428	+ 0,016 445	+ 0,016 442 leg. Ohm
[149a] — [XIV]	+ 0,002 843	+ 0,002 860	+ 0,002 840	+ 0,002 844	+ 0,002 847 „ „
[150a] — [XIV]	+ 0,002 790	+ 0,002 810	+ 0,002 779	+ 0,002 787	+ 0,002 792 „ „
[151] — [XIV]	+ 0,001 945	+ 0,001 969	+ 0,001 941	+ 0,001 951	+ 0,001 951$_5$ „ „

3. Rohr Nr. 114.
1 Ohm.

	6. Mai 1897	8. Juni 1897	15. Juni 1897	Mittel
[148a] — [114]	+ 0,014 513	+ 0,014 519	+ 0,014 498	+ 0,014 510 leg. Ohm
[149a] — [114]	+ 0,000 913	+ 0,000 914	+ 0,000 903	+ 0,000 910 „ „
[150a] — [114]	+ 0,000 861	+ 0,000 865	+ 0,000 844	+ 0,000 857 „ „
[151] — [114]	+ 0,000 021	+ 0,000 025	+ 0,000 003	+ 0,000 016 „ „

4. Rohr Nr. 106.
$^1/_2$ Ohm.

	10. und 11. Mai 1897	17. und 18. Mai 1897	10. Juni 1897	Mittel
[455] — [106]	+ 0,008 203 2	+ 0,008 215 6	+ 0,008 215 4	+ 0,008 211 4 leg. Ohm
[*P*] — [106]	+ 0,008 762 8	+ 0,008 772 2	+ 0,008 779 6	+ 0,008 771 5 „ „

5. Rohr Nr. 131.
2 Ohm.

	12. u. 13. Mai 1897	19. u. 21. Mai 1897	4. Juni 1897	12. u. 14. Juni 1897	Mittel
[223] — [131]	+ 0,019 959	+ 0,019 985	+ 0,020 014	+ 0,019 953	+ 0,019 978 leg. Ohm
[471] — [131]	+ 0,019 476	+ 0,019 497	+ 0,019 479	+ 0,019 444	+ 0,019 474 „ „

Durch Einführung des Mittelwerthes M aus den Tabellen *S. 6* folgt dann zunächst

	M — [XI]	M — [XIV]	M — [114]
aus [148a]	0,002384	0,006009	0,004077 leg. Ohm
„ [149a]	0,002385	0,006008	0,004071 „ „
„ [150a]	0,002382$_5$	0,006006$_5$	0,004071$_5$ „ „
„ [151]	0,002383$_5$	0,006009	0,004073$_5$ „ „
Mittel	0,002384	0,006008	0,004073 leg. Ohm

	$M/_2$ — [106]
aus [455]	0,010263$_1$ leg. Ohm
„ [P]	0,010259$_6$ „ „
Mittel	0,010261$_3$ leg. Ohm

	$2\,M$ — [131]
aus [223]	0,028038 leg. Ohm
„ [471]	0,028037 „ „
Mittel	0,028037$_5$ leg. Ohm

Die mit den verschiedenen Drahtwiderständen gefundenen Werthe stimmen also meist bis auf wenige Milliontel überein. Führt man nun in die obigen Mittelwerthe die geometrisch berechneten Werthe der fünf Normalrohre ein (*S. 3 u. 4*), so ergeben sich für M folgende Werthe, wobei Δ die Abweichung der einzelnen Zahlen vom Mittelwerth in Milliontel bedeutet:

		leg. Ohm	Δ
Aus den alten Rohren	Nr. XI	M = 1,004567	— 13
	„ XIV	M = 1,004598	+ 18
Aus den neuen Rohren	„ 104	M = 1,004561	— 19
	„ 106	M = 1,004585$_5$	+ 5$_5$
	„ 131	M = 1,004588	+ 8

Das Gesammtergebniss ist also:

Aus sämmtlichen Rohren	M_s = 1,004580	leg. Ohm
„ den alten Rohren allein	M_a = 1,004582$_5$	„ „
„ den neuen „ „	M_n = 1,004578	„ „

Der mittlere Fehler der Einzelwerthe für M beträgt $\pm 15 \cdot 10^{-6}$, der des Gesammtmittels ist $\pm 7 \cdot 10^{-6}$.

Aus der Uebereinstimmung der drei neuen Normalrohre mit den beiden alten geht hervor, dass keine systematischen Abweichungen für die Rohre von verschiedenem Querschnitt bestehen. Das Mittel M_s aus sämmtlichen fünf Rohren stimmt mit dem Mittel M_a der beiden alten auf zwei Milliontel überein; die Abweichung der einzelnen Rohre vom Mittel beträgt höchstens zwei Hunderttausendtel.

Durch Einführung des Mittelwerthes M_s aus sämmtlichen Rohren in die Tabellen auf *S. 6* erhält man folgende Werthe für die Drahtkopien bei 18° der Wasserstoff-Skale in *legalen* Ohm:

[148a] = 1,015013	[223] = 2,001100
[149a] = 1,001419	[471] = 2,000597
[150a] = 1,001365$_5$	[455] = 0,5002383
[151] = 1,000522$_5$	[P] = 0,5008019.

C. Aeltere Vergleichungen der Normalrohre mit den Manganinwiderständen.

Bei den in früheren Jahren angestellten Vergleichungen der Normalrohre mit den Manganinwiderständen waren nur die beiden Rohre Nr. XI und XIV von 1 Ohm vorhanden.

Die Resultate dieser Vergleichungen sind für die Reziproken dieser Widerstände (auf *legale* Ohm bezogen) in den *Wissensch. Abhandl. 2. S. 434 bis 436. 1895* zusammengestellt.

Berücksichtigt man einige, im Maximum 2 Milliontel betragende, Korrektionen der früheren Werthe, so erhält man mit Einschluss der obigen Messungen, auf *internationale* Ohm umgerechnet, die folgenden Zahlen für die Werthe der Manganinwiderstände (bezogen auf M_s) bei 18° der Wasserstoff-Skale zu verschiedenen Zeiten:

Datum	Nr. 148a	Nr. 149a	Nr. 150a	Nr. 151	Mittel
März 1892	—	—	—	0,997676	(1,001726)
Jan. 1895	1,012145	0,998573	0,998543	0,997684	1,001737
Juni 1897	1,012148	0,998592	0,998539	0,997699	1,001745

Wie aus dieser Tabelle hervorgeht, ist die Konstanz der Manganinwiderstände eine vorzügliche, da nur Aenderungen in den Hunderttausendteln eintreten; dieselbe gute Konstanz zeigen die durch alljährliche Vergleichung an die Normale der Abth. I der Reichsanstalt angeschlossenen Drahtwiderstände von Abth. II (vgl. *Wissensch. Abhandl.* **2.** *S. 451. 1895*). Die Konstanz der Büchsen Nr. 148a und 150a lässt sich auch nach der Tabelle *a. a. O. S. 450* bis zum Herbst 1892 und die der Büchse 149a bis zum Sommer 1893 zurück verfolgen. Auch bei diesen Büchsen zeigen sich nur Aenderungen von wenigen Hunderttausendteln für den ganzen Zeitraum.

Eine Zusammenstellung der Vergleichungen der Drahtnormale von Abth. I und II bis zum Januar 1898, aus der die Konstanz dieser Normale ersichtlich ist, wurde in der Mittheilung „Ueber die Konstanz von Normalwiderständen aus Manganin" veröffentlicht[1]).

Theorie des zweilinsigen Objektivs.

Von
Dr. **K. Strehl** in Erlangen.

Im Anschluss an eine demnächst von mir erscheinende Abhandlung „Grundzüge der optischen Abbildung" komme ich zu einer Lösung der Aufgabe: *„Gegeben sind Objektabstand und Bildabstand sowie die Glassorten eines aus zwei unendlich dünnen Linsen in Berührung bestehenden Objektives; gesucht sind die vier Radien."*

Zunächst führe ich folgende Bezeichnungen ein:

Brechungsindizes: m (z. B. Kronglas); $\mu = m - 1$; $\mu' = d\mu/\mu$; $\mathfrak{M} = \mu/m^2$; $\mathfrak{m} = \mu'/(\mu' - \nu')$;
n (z. B. Flintglas); $\nu = n - 1$; $\nu' = d\nu/\nu$; $\mathfrak{N} = \nu/n^2$; $\mathfrak{n} = \nu'/(\nu' - \mu')$;

Scheitelabstände von Sache und Bild längs der optischen Hauptachse: x, y (Kronglas); y, z (Flintglas); reziprok: ξ, η, ζ; die beiden mittleren Scheitelabstände sind gleich; Krümmungsradien der vier Flächen (Unbekannte): a, b, c, d; reziprok: α, β, γ, δ; Brennweiten: s (Kronglas), t (Flintglas), f (System); reziprok: σ, τ, φ; man hat bekanntlich folgende Gleichungen:

$$\eta - \xi = \sigma = \mu(\alpha - \beta); \quad \zeta - \eta = \tau = \nu(\gamma - \delta); \quad \zeta - \xi = \sigma + \tau = \varphi \quad . \; . \; \text{I}$$

Analytische Ausdrücke (Flächeninvarianten): $A = \alpha - \xi$; $B = \beta - \eta$; $\Gamma = \gamma - \eta$; $\Delta = \delta - \zeta$.

Wenn man zu I die *chromatische Bedingungsgleichung*

$$\mu'\sigma + \nu'\tau = 0 \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; \text{II}$$

fügt (wobei μ' und ν' anderweitig ermittelte, mithin bekannte Zahlenfaktoren sind), dann erhält man $\sigma = \mathfrak{n}\varphi$ und $\tau = \mathfrak{m}\varphi$; ferner ist $B - A = -\sigma m/\mu$ und $\Delta - \Gamma = -\tau n/\nu$; mithin bekommen wir durch Einführung der Bezeichnungen $m/\mu = M$ und $n/\nu = N$ sowie $-M\sigma = \Sigma$ und $-N\tau = T$ die Gleichungen

$$B - A = \Sigma; \quad \Delta - \Gamma = T; \quad \text{mithin } B = A + \Sigma \text{ und } \Delta = \Gamma + T \quad . \; . \; . \; \text{III}$$

Nun finde ich durch die erwähnte Abhandlung als *sphärische Bedingungsgleichung*

$$\mathfrak{M}[m(B^2\eta - A^2\xi) - (B^3 - A^3)] + \mathfrak{N}[n(\Delta^2\zeta - \Gamma^2\eta) - (\Delta^3 - \Gamma^3)] = 0 \quad . \; . \; \text{IV}$$

und als *Sinus-Bedingungsgleichung*

$$\mathfrak{M}[m(B\eta - A\xi) - (B^2 - A^2)] + \mathfrak{N}[n(\Delta\zeta - \Gamma\eta) - (\Delta^2 - \Gamma^2)] = 0 \quad . \; . \; . \; \text{V}$$

[1]) W. Jaeger und St. Lindeck, *diese Zeitschr.* **18.** *S. 97. 1898* und *Wied. Ann.* **65.** *S. 572. 1898.*

Beide Gleichungen gehen mittels III zunächst über in die einfacheren

$$\mathfrak{M}\left[m\left(B^2\eta - A^2\xi\right) - \Sigma\left(B^2 + BA + A^2\right)\right] + \mathfrak{N}\left[n\left(\Delta^2\zeta - \Gamma^2\eta\right) - T\left(\Delta^2 + \Delta\Gamma + \Gamma^2\right)\right] = 0 \qquad \text{VI}$$

$$\mathfrak{M}\left[m\left(B\eta - A\xi\right) - \Sigma\left(B + A\right)\right] + \mathfrak{N}\left[n\left(\Delta\zeta - \Gamma\eta\right) - T\left(\Delta + \Gamma\right)\right] = 0 \quad \ldots\ldots\ldots \quad \text{VII}$$

Aus diesen erhält man ferner mittels III

$$\mathfrak{M}\left[m(\eta - \xi) - 3\Sigma\right]\cdot A^2 + \mathfrak{M}\left[2m\eta - 3\Sigma\right]\Sigma\cdot A$$
$$+ \mathfrak{N}\left[n(\zeta - \eta) - 3T\right]\cdot\Gamma^2 + \mathfrak{N}\left[2n\zeta - 3T\right]T\cdot\Gamma + \mathfrak{M}\left[m\eta - \Sigma\right]\Sigma^2 + \mathfrak{N}\left[n\zeta - T\right]T^2 = 0 \qquad \text{VIII}$$

$$\mathfrak{M}\left[m(\eta - \xi) - 2\Sigma\right]\cdot A + \mathfrak{N}\left[n(\zeta - \eta) - 2T\right]\cdot\Gamma + \mathfrak{M}\left[m\eta - \Sigma\right]\Sigma + \mathfrak{N}\left[n\zeta - T\right]T = 0 \qquad \text{IX}$$

Wir führen für die Koeffizienten von A und Γ zur Abkürzung neue Bezeichnungen ein und schreiben beide Gleichungen in der Form

$$\mathfrak{a}A^2 + \mathfrak{A}A + \mathfrak{c}\Gamma^2 + \mathfrak{C}\Gamma + \mathfrak{E} = 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \text{X}$$

$$AA + C\Gamma + E = 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad \text{XI}$$

Aus XI folgt $\Gamma = -(AA + E)/C$ oder durch Einführung der Bezeichnungen $-A/C = P$ und $-E/C = Q$ bequemer $\Gamma = PA + Q$; mittels dieser Beziehung geht X über in

$$(\mathfrak{a} + \mathfrak{c}P^2)\cdot A^2 + (\mathfrak{A} + 2\mathfrak{c}PQ + \mathfrak{C}P)\cdot A + \mathfrak{c}Q^2 + \mathfrak{C}Q + \mathfrak{E} = 0 \quad \ldots \quad \text{XII}$$

Zur Abkürzung schreiben wir durch Einführung neuer Bezeichnungen für die Klammern

$$HA^2 + IA + K = 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad \text{XIII}$$

und erhalten endlich

$$A = \left(-I \mp \sqrt{I^2 - 4HK}\right)/2H \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \text{XIV}$$

Das Problem führt mithin auf zwei Lösungen; der Gang der Rechnung ist einfach folgender:

Gegeben: ξ, ζ; m, n; μ', ν' (mithin auch $\mathfrak{M}$, $\mathfrak{N}$; $\mathfrak{m}$, $\mathfrak{n}$; M, N).

Berechne: $\varphi = \zeta - \xi$; $\sigma = \mathfrak{n}\varphi$, $\tau = \mathfrak{m}\varphi$; η aus I; $\Sigma = -M\sigma$, $T = -N\tau$; $\mathfrak{a}$, $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{c}$, $\mathfrak{C}$, $\mathfrak{E}$ aus VIII; A, C, E aus IX; $P = -A/C$, $Q = -E/C$; H, I, K aus XII; A aus XIV; schliesslich die vier reziproken Krümmungsradien

$$\alpha = A + \xi;\quad \beta = B + \eta = A + \Sigma + \eta;$$
$$\gamma = \Gamma + \eta = PA + Q + \eta;\quad \delta = \Delta + \zeta = \Gamma + T + \zeta = PA + Q + T + \zeta \quad . \quad \text{XV}$$

Da die *algebraische* Behandlung doch nur ein Näherungsverfahren ist, so bin ich der Ansicht, dass die Berücksichtigung der *Linsendicken* und des *Linsenabstandes* Aufgabe der *trigonometrischen* Durchrechnung ist.

Der Kurven-Indikator zur Bestimmung des zeitlichen Verlaufs von Wechselstromkurven und anderer periodischer elektrischer Vorgänge.

Von

Dr. **Rudolf Franke** in Hannover.

Die grosse praktische Bedeutung der genauen Kenntniss der Wechselstromkurve hat eine Reihe von Verfahren gezeitigt, auf experimentelle Weise die Form der Wechselstromkurve zu bestimmen. In einem Vortrage, den ich gelegentlich der 7. Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker zu Hannover 1899 über das Thema hielt „Ueber die experimentelle Aufzeichnung periodischer Vorgänge aus physikalischen Gebieten" (s. *Elektrotechn. Zeitschr.* **20**. *S. 802. 1899*) habe ich die verschiedenen Möglichkeiten und Verfahren zur Bestimmung der Wechselstromkurve dargelegt und eingehend einen Apparat beschrieben, welcher denselben Zweck ver-

folgt. Inzwischen hat der Apparat eine wesentliche Vervollkommnung erfahren, wodurch die ganze Methode eigentlich erst zu einer für exakte Messungen brauchbaren geworden ist. Die mechanische Durchbildung des Apparates hat eine geraume Zeit beansprucht; da dieselbe jetzt zu einer gewissen Vollkommenheit gelangt ist, so möchte ich den Apparat im Nachfolgenden in seiner heutigen Form eingehend beschreiben.

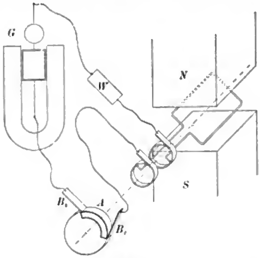


Fig. 1a.

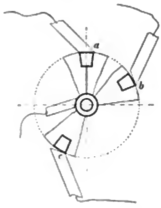


Fig. 1b.

Der Grundgedanke des Apparats ist folgender. Ein rotirender Kontaktgeber A (s. Fig. 1a) kann derartig mit der zu untersuchenden Wechselstrommaschine NS, die in diesem Falle zweipolig gedacht ist, gekuppelt werden, dass jeder Periode des Stromes eine Umdrehung des Kontaktgebers entspricht. Der letztere bewirkt nun bei jeder Umdrehung einen kurz dauernden Kontakt zwischen den Bürsten B_1 und B_2.

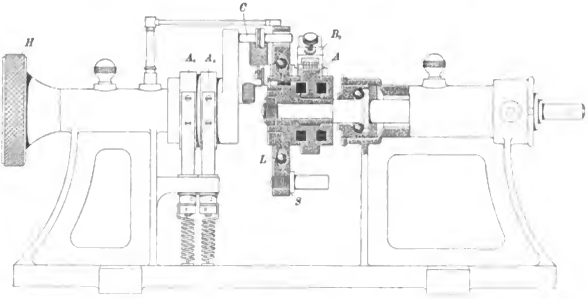


Fig. 2a.

Mit Hülfe desselben kann man die im Moment des Kontaktes an der Maschine herrschende Spannung auf ein Messinstrument G wirken lassen; da sich bei jeder Umdrehung bei derselben Bürstenstellung die gleiche Spannung und damit auch dieselbe Einwirkung auf das Messinstrument ergiebt, so zeigt das Instrument einen Werth an, der der gerade herrschenden momentanen Spannung proportional ist. Der Bürsten-

halter des Kontaktgebers ist drehbar. Indem man ihn langsam dreht, wirken allmählich und stetig sämmtliche momentanen Werthe der Spannung* auf das Messinstrument und man erhält durch Aufzeichnung dieser Werthe den zeitlichen Verlauf der Spannung während einer Periode. Das Prinzip des Momentkontaktes mit nur einer Bürste ist bereits von Joubert im Jahre 1880 bei seinen klassischen Wechselstrom-Untersuchungen benutzt worden. Wenn dasselbe bislang für praktische Messungen nur wenig angewendet wurde und dabei auch schlechte Resultate sich ergaben, so liegt das zum grössten Theil an der mechanischen Ausführung des Apparates, die ausserordentliche Sorgfalt und insbesondere die Beachtung verschiedener wesentlicher Punkte erfordert, um dadurch erst dieses Verfahren zu einem recht brauchbaren zu gestalten.

Die besonderen Vorzüge meines Kurvenindikators bestehen vor Allem in der sehr zweckmässigen Kontaktvorrichtung mit zwei Bürsten. Ein kleiner Kollektor K (Fig. 2b) trägt fünf von einander völlig isolirte Metallsegmente, vier derselben umfassen je 60°, das fünfte, A, annähernd 120°. Der drehbare Bürstenhalter S trägt zwei um 120° gegeneinander verschobene Bürsten B_1 und B_2, die relativ zu einander noch um einige Grade verstellbar sind. Nur in dem kurzen Augenblick, in welchem das grosse Kollektor-Segment A von 120° Ausdehnung unter den beispielsweise 118° auseinanderstehenden Bürsten hindurchgeht, ist eine leitende Verbindung beider Bürsten für 1/180 der Periode hergestellt. Durch Verstellung der Bürsten gegeneinander lässt sich daher die Dauer des Kontaktes äusserst klein und beliebig kurz herstellen. Die vier kleineren Kollektorsegmente haben also gar keinen Antheil an der Stromschliessung, sondern sollen lediglich den Bürsten eine gleichartige Schleiffläche darbieten, um Unregelmässigkeiten in der Oberfläche und dadurch etwa verursachte Schwingungen der Bürsten zu vermeiden. Damit nun der von den Bürsten und dem grossen Kollektor-Segment hergestellte Kontakt während der Umdrehung der Bürsten um 360° an allen Stellen der Umdrehung gleich gut ausfällt, ist es von sehr grosser Bedeutung, dass die Bürsten sich genau konzentrisch um das Stromschlussstück bewegen. Die geringste exzentrische Bewegung der Bürsten bedeutet nämlich eine Verschiedenheit in der Dauer des Kontaktes, wie dies Fig. 1b, in der die alte Joubert'sche Anordnung des Kontaktgebers mit einer Bürste dargestellt ist, erkennen lässt. Die Bürste liegt bald mit breiter Fläche (a), bald mit der Spitze (b) oder ihrem hinteren Ende (c) auf. So kommt es, dass je nach der Stellung der Bürste der Kontakt ein veränderlicher sein muss. Insbesondere aber werden derartige Exzentrizitäten bei Bewegung der Bürsten in der von mir angegebenen Anordnung mit zwei Bürsten auf demselben Stromschliesser bemerkbar, weil die Bürsten, wie man leicht einsehen wird, bald zusammengeschoben, bald auseinandergezogen werden. Es war nun ungemein schwierig, die Drehachse der Bürsten genau so zu legen, dass sie mit der Rotationsachse des Kontaktmachers in eine Gerade fiel, denn wenn auch die besten mechanischen Ausführungsmethoden zur Anwendung gelangten, um die vollständige Konzentrizität herzustellen, so zeigte sich doch, dass schon die geringsten

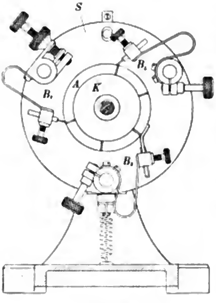


Fig. 2b.

Verspannungen, wie sie durch die Montage sich ergeben, ferner Wärmeeinflüsse sich derartig geltend machten, dass von einem guten Kontakt keine Rede mehr sein konnte, sobald die Kontaktdauer sehr klein gemacht wurde. Diese Erfahrungen führten schliesslich zu der einzigen Methode, welche wirklich eine möglichst vollkommen konzentrische Bewegung der Bürsten um das rotirende Stromschlussstück erreicht, nämlich zu der in den Fig. 2a u. b dargestellten Anordnung. Die beiden Bürsten B_1 und B_2 sind an einer stählernen Scheibe S isolirt befestigt. Diese Scheibe besitzt gleichzeitig eine Kugellagerung L auf der rotirenden Welle des Stromschlussstücks A und wird mit Hülfe eines Mitnehmers C von der mittels des Handrädchens H verdrehten Welle in beliebige Winkelstellungen übergeführt. Eine dritte Bürste B_3 (Fig. 2b) besteht aus einem mit Petroleum angefeuchteten Filzstückchen, das den rotirenden Stromschliesser dauernd gut leitend erhält. Die Stromzuleitung zu den beiden Bürsten B_1 und B_2 erfolgt mittels Schleifringen durch die Bürsten A_1 und A_2, welche gleichzeitig als Bremsklötze wirken, um ein nicht gewünschtes Verdrehen des Bürstenhalters auszuschliessen. Der Stromschliesser selbst

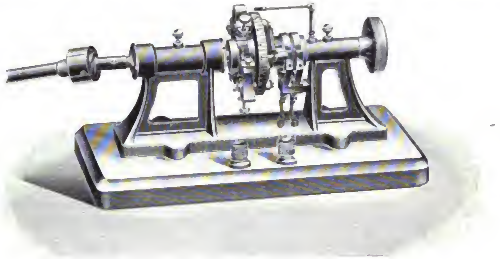


Fig. 3.

besteht aus einzelnen Stahlstückchen, die mit Hülfe von Glimmer und Hartgummi sorgfältig von einander und von der Achse isolirt und durch Verschraubung festgehalten sind, wie dies ja aus der Figur ohne weitere Beschreibung zu ersehen ist. Die Welle des rotirenden Kontaktmachers ist beiderseitig in Kugeln gelagert, um bei der hohen Umdrehungszahl, meist 40 bis 50, ja bis zu 200 pro Sekunde, die Reibung zu vermindern und ein Warmlaufen zu verhüten.

Die äussere Ansicht dieses Apparates zeigt Fig. 3, die ohne weitere Beschreibung verständlich ist.

Um nun kleine Aenderungen der Kontaktdauer, wie sie durch natürliche Abnutzung der Bürsten und sonstige kleine Nebenumstände sich ergeben könnten, wegen ihrer Schädlichkeit für die Genauigkeit der Kurvenaufnahmen gänzlich herauszuschaffen, ist es absolut nothwendig, sich bei sämmtlichen Messungen eines Kondensators in der in Fig. 4 dargestellten Schaltungsweise zu bedienen.

Die Wirkungsweise dieses Kondensators ist dabei folgende: Im Moment des Kontaktes am Indikator J beginnt sich der Kondensator C mit der zwischen den Punkten A und B gerade herrschenden Spannung E zu laden. Vermöge der geringen Zeitkonstante des Ladeweges genügt die sehr kurze Dauer des Kontaktes, um den

Kondensator fast vollständig zu laden. Während der darauf folgenden viel längeren Entladungsperiode, so lange die Bürsten B_1 und B_2 (Fig. 1a) nicht leitend verbunden sind, entladet sich der Kondensator durch das Galvanometer G, in dessen Kreis ein hoher Widerstand W eingeschaltet ist. Wegen dieses hohen Widerstandes ist die Zeitkonstante des Entladungsweges gross, und die Kondensatorspannung ist erst um einen geringen Betrag gesunken, wenn neuer Kontakt eintritt. Während des Kontaktes wird dann der Ladungsverlust wieder ersetzt. So werden trotz der kurzen Kontaktdauer keineswegs Stromstösse durch das Galvanometer gesandt, sondern der Strom ist fast absoluter Gleichstrom. Auf diese Weise werden nicht allein geringe Veränderungen der Kontaktdauer, sondern auch die Bürstenübergangswiderstände unschädlich gemacht, ja selbst erhebliche Aenderungen in der Tourenzahl, welche die völlige Proportionalität zwischen der momentanen Spannung der Wechselstrommaschine und dem Galvanometerausschlag gefährden könnten.

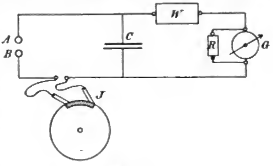


Fig. 4 [1]).

Da nun gewissermaassen die Wechselstrommessungen durch diese Methode auf Gleichstrommessungen mit Hülfe eines Spiegelgalvanometers, das ja bis zu einem gewissen Grade beliebige Empfindlichkeit zulässt, zurückgeführt sind, so steht die Genauigkeit dieser Messungen nur wenig der bei Gleichstrommessungen erzielten nach. Gerade hierin liegt ein ganz besonderer Vorzug dieser Methode, der durch keine andere der bekannten Methoden (Oszillograph, Kathodenstrahlenröhre) zur Bestimmung des zeitlichen Verlaufs von Wechselströmen erreicht wird. Die Methode gestattet unter Zuhülfenahme geeigneter Vorrichtungen die Aufnahme von periodisch sich ändernden Spannungen von ungefähr 1/10000 bis 100000 Volt.

Für praktische Kurvenaufnahmen genügt häufig auch eine geringere Genauigkeit, da es hier zumeist nur darauf ankommt, den allgemeinen Verlauf, d. h. den Charakter der Kurve kennen zu lernen. Für diesen Zweck ist es nicht nöthig, die Bürstenbewegung in der äusserst exakten Weise, wie sie in Fig. 2 und 3 dargestellt ist, erfolgen zu lassen. Hierbei genügt vielmehr die in der *Elektrotechn. Zeitschr. a. a. O.* dargestellte Anordnung, die sich nur in der Genauigkeit der Messung dadurch von der vorher beschriebenen unterscheidet, dass die Feinheit der Bürsteneinstellung nicht so weit (höchstens 2°) getrieben werden kann, ohne Abweichungen in der Proportionalität der Ausschläge zu erreichen. Aber selbst bei einer Kontaktbreite der Bürsten von 10° ist der Fehler für viele praktischen Bedürfnisse so klein, dass er vernachlässigt werden kann. Bei dieser älteren Anordnung findet die Bürstenbewegung um eine besondere Achse statt. Die beiden Bürsten sind an einer Hartgummischeibe befestigt, die vollkommen unabhängig ist von der Drehachse des rotirenden Stromschlussstückes. Diese Konstruktion ist naturgemäss eine mechanisch viel leichter ausführbare und darum auch billigere.

Mit der hier beschriebenen Vorrichtung ist man im Stande, Kurven aufzunehmen, wenn man die den einzelnen Bürstenstellungen, welche an einem Index abgelesen werden, entsprechenden Ausschläge eines mit dem Kontaktmacher verbundenen Galvanometers bestimmt. Hierzu eignet sich zweckmässig ein Galvanometer mit beweglicher Spule nach Deprez-d'Arsonval, das entweder als sehr empfindliches Zeiger-

[1]) Fig. 4 u. 5 sind der *Elektrotechn. Zeitschr. a. a. O.* entnommen.

galvanometer oder als Spiegelgalvanometer mit objektiver Ablesung verwendet werden kann. Zu einer Kurvenaufnahme, die möglichst genau sein soll, ist es nöthig, sehr viele Punkte zu notiren, ein Verfahren, das natürlich lange Zeit erfordert und gerade deshalb von Nachtheil ist, weil sich inzwischen Manches geändert haben kann und die Feinheiten der Kurven trotz alledem verloren gehen müssen.

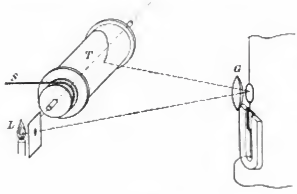
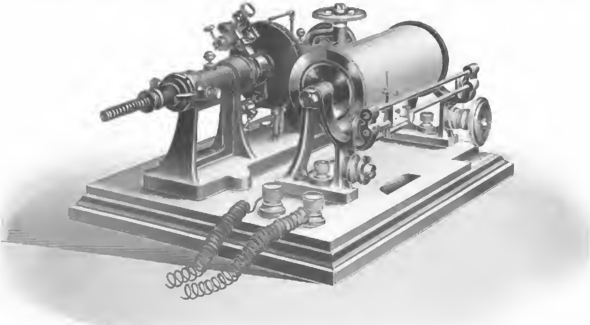


Fig. 5.

Um nun das Verfahren der Kurvenaufzeichnung einfacher und gewissermaassen zu einem halb automatischen zu gestalten, ist die Einrichtung getroffen, welche aus der schematischen Fig. 5 ersichtlich ist. Eine Schreibtrommel *T*, ähnlich der bei Dampfmaschinen-Indikatoren üblichen, jedoch mit horizontaler Lagerung, ist mit Hülfe einer Schnur *S* derartig mit einer auf der Umdrehungsachse der Bürsten sitzenden Scheibe verbunden, dass sich bei Verdrehung der Bürsten die Trommel gleichzeitig um einen proportionalen Winkel verdreht. Der von dem Galvanometer *G* reflektirte Lichtstrahl der Lichtquelle *L* giebt in seinen Stellungen auf der Trommel die Ordinaten der Kurve an, während die Schreibtrommel selbst in Folge ihrer zwangläufigen Verbindung mit der Bürstenbewegung sich um Winkel dreht, die den Abszissen der betreffenden Kurven entsprechen. Wird daher der Lichtfleck auf der Trommel mit Hülfe eines Bleistiftes


Fig. 6.

verfolgt, so zeichnet sich die Kurve vollständig auf. Der mechanische Zusammenbau dieser Vorrichtung ist aus Fig. 6 zu ersehen. Auf einem Grundbrett ist vorn die Schreibtrommel angebracht und dahinter der umlaufende Stromschliesser. Im Innern der Schreibtrommel befindet sich eine Spiralfeder, welche dieselbe stets nach einer Richtung herumzuziehen bestrebt ist, sodass der die Trommel mit den Bürsten verbindende Faden stets gespannt erscheint, einerlei, ob man die Bürsten und damit

auch die Trommel vor- oder rückwärts bewegt. Vor der Trommel ist zwischen zwei kleinen Schienen ein kleiner als Wagen ausgebildeter Bleistiftträger angebracht, welcher mit Hülfe einer Schnur und des an der linken Seite der Schreibtrommel sichtbaren Schnurlaufes, in dessen Innern sich ebenfalls eine Spiralfeder befindet, stets nach der linken Seite gezogen wird. Rechts sieht man unten an der Schreibtrommel ein Handrädchen befestigt, das gleichfalls mit einem Schnurlauf versehen und vorn eine glockenförmige Bremsfeder besitzt, die mit Hülfe einer Schraube beliebig regulirt werden kann, um auch hier mit Hülfe einer Schnur den Bleistiftträger durch Aufwickeln der Schnur nach rechts hinüber zu ziehen und damit der Federkraft des Schnurlaufes links entgegenzuwirken oder durch Abwickeln der Schnur den Bleistiftträger durch die Federkraft der Schnurtrommel links herüber ziehen zu lassen. Mit Hülfe des auf dem Bleistiftträger befindlichen Visirs, welches genau auf den Lichtzeiger eingestellt wird, kann man denselben gut verfolgen. Nur auf diese Weise war es möglich, eine sichere Einstellung zu erhalten, die aus freier Hand niemals gewährleistet ist. Wenn trotzdem die Kurve etwas zackig erscheint wegen kleiner Unregelmässigkeiten beim Nachziehen mit Hülfe des Bleistifts, so sind dieselben doch umsoweniger von Belang, als man die Kurve im Uebrigen in allen Feinheiten so genau erhält, wie es nur bei stundenlanger Aufnahme aus einzelnen Punkten in der oben geschilderten Weise möglich wäre. Bei Kurvenaufnahmen verstellt man mit der rechten Hand die Bürsten und mit der linken Hand folgt man dem Lichtzeiger. Genügt diese Aufnahme durch Nachzeichnen mittels Bleistiftes nicht, so steht nichts im Wege, die Aufnahme auch photographisch vorzunehmen. Bei vorliegendem Verfahren wurde aber gerade hiervon mit Rücksicht auf die meisten praktischen Bedürfnisse Abstand genommen, weil man häufig gezwungen ist, in hellen Räumen nahe bei der Maschine die betreffenden Kurvenaufnahmen zu machen. Die Länge der Trommel beträgt 150 *mm*, während der Umfang derselben so gewählt ist, dass mit Ausschluss der Befestigungsschienen für das Papier ein Umfang von 180 *mm* übrig bleibt, um welchen sich die Trommel verdreht, während gleichzeitig die Bürsten um 360° bewegt werden müssen. Es entspricht mithin 1 *mm* auf dem Papier 2° Bürstenverdrehung, wodurch man leicht ohne besondere Rechnung, lediglich durch Ausmessen der Figur, die zu ermittelnden Grössen finden kann.

Es lag mir nun daran, das Verfahren auch so zu gestalten, dass einem grösseren Auditorium Kurvenaufnahmen vorgeführt werden können. Zu diesem Zweck ist die in Fig. 7 schematisch gezeichnete Anordnung getroffen. An Stelle der Schreibtrommel sieht man einen Spiegel S mit horizontaler Achse, welcher sich, während die Bürsten um einen bestimmten Winkel gedreht werden, ebenfalls um einen proportionalen Winkel bewegen kann. Der vom Galvanometer G reflektirte Lichtstrahl trifft diesen Spiegel, wird von ihm abermals reflektirt und auf den dem Auditorium sichtbaren Projektionsschirm P geworfen. Die horizontale Bewegung des Galvanometer-Spiegels und die vertikale Bewegung des Spiegels S lassen den Lichtfleck auf dem Schirm die betreffende Kurve

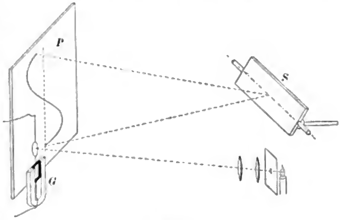


Fig. 7.

beschreiben, die mit Hülfe eines Stückchens Kreide in ihrem Verlauf fixirt werden kann. Die mechanische Ausführung dieser Konstruktion zeigt Fig. 8. Man sieht die Schreibtrommel einfach ersetzt durch den betreffenden Spiegel, welcher mit einem verstellbaren Hebel, um den Lichtstrahl zunächst in geeignete Höhe einstellen zu können, versehen ist. An dem Hebel befindet sich ein kleiner Stift, der in den Gewindegang einer Spirale eingreift. Diese sitzt, wie aus der Figur zu erkennen ist, auf der Welle des Handrädchens, mit Hülfe dessen die Schleifbürsten verdreht werden. Hierbei wird, je nachdem man rechts oder links dreht, der Spiegel gesenkt oder gehoben.

Der im Vorhergehenden beschriebene Kontaktmacher und die mit ihm zusammengebauten Apparate sind unter der Voraussetzung konstruirt, dass einer Umdrehung des Bürstenpaares eine Periode des Wechselstroms entspricht. Verbindet man das

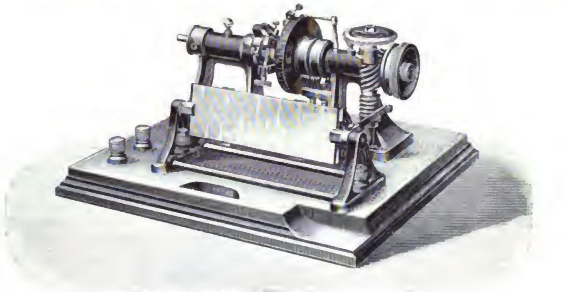


Fig. 8.

rotirende Stromschlussstück mit der betreffenden Maschine, so ist dieser Fall nur dann ohne Weiteres möglich, wenn die Maschine eine zweipolige ist. In allen anderen Fällen ist es erforderlich, entweder den Kontaktmacher durch einen kleinen zweipoligen Synchron-Motor anzutreiben, oder aber zwischen Maschine und Welle des Kontaktmachers ein Rädervorgelege zu schalten, welches bei einer Periode stets eine Umdrehung des Kontaktmachers bewirkt. Für verschiedene Polzahlen von Wechselstrommaschinen, und zwar von 4 bis 20 Polpaaren, ist das in Fig. 9 dargestellte Rädergehäuse bestimmt. Zwei Achsen *A* und *B* sind durch Zahnräder im Verhältniss 1 : 2 miteinander ein für alle Mal verbunden; eine dritte Achse *C* ist exzentrisch in einer Trommel gelagert und kann durch Verdrehung derselben in verschiedene Lagen gebracht und dort fixirt werden. Zahnräder, welche auf die Achse *C* gesteckt werden, können daher entweder mit Achse *A* oder mit der Achse *B* sehr leicht in Eingriff gebracht werden. Es stellt daher dieses Räder-Vorgelege, welches mit fünf auswechselbaren Zahnrädern ausgerüstet ist, einen Universal-Apparat für sämmtliche vorkommenden Polzahlen dar. Bei noch grösseren Polzahlen ist es besser, Synchron-Motoren zu verwenden.

Man könnte einwenden, dass durch das nothwendige Spiel zwischen den Zähnen Fehler auftreten könnten. Dem ist aber nicht so, weil an dem Stromschliesser in Folge der Bürstenreibung stets eine Hemmung vorhanden ist, welche ein Anliegen der

Zähne nach einer Seite hin bewirkt. Die Verbindung des Stromschliessers, der ja stets eine hohe Umdrehungszahl macht, mit der betreffenden Maschine bezw. dem Rädervorgelege geschieht durch eine biegsame Welle, die durch einen Metallschutzschlauch nach aussen gesichert ist. Die Verbindung des Rädergehäuses mit der betreffenden Maschine dagegen wird besser durch eine Universal-Gelenkwelle erreicht, weil die Umdrehungszahl der Wechselstrom-Maschine allgemein so gering ist, dass bei einer biegsamen Welle Störungen auftreten würden in Folge von Verdrehungen und plötzlichem Herumschnellen derselben.

Das Galvanometer hat im Allgemeinen denselben Ansprüchen zu genügen, welche man in der Präzisions-Messtechnik an ein gutes Galvanometer zu stellen gewöhnt ist, ausserdem aber noch die Anforderungen zu erfüllen, dass es von äusseren magnetischen Störungen frei ist. Diese Bedingungen werden ja heutzutage von den Galvanometern mit beweglicher Spule nach Deprez-d'Arsonval ohne Weiteres erfüllt.



Fig. 9.

Die Empfindlichkeit des Galvanometers wird am besten durch geeigneten Nebenschluss regulirt, der jedoch so eingerichtet sein muss, dass die Dämpfung bei geringeren Empfindlichkeiten keine zu grosse wird.

Es ist nach dem Vorhergehenden wohl klar, dass man das beschriebene Verfahren zur Bestimmung von Wechselstromkurven auch anwenden kann zur Bestimmung anderer elektrischer Vorgänge, die sich in verhältnissmässig kurzer Zeit abspielen, jedoch stets vorausgesetzt, dass dieselben periodisch verlaufen. Hat man dagegen irgend einen anderen elektrischen Vorgang, so ist es häufig möglich, durch Wiederholung desselben in kurzen Zeitintervallen denselben zu einem periodischen zu gestalten und ihn nach dem vorliegenden Verfahren in gleicher Weise der Untersuchung zu unterziehen. So kann man beispielsweise Kondensatorentladungen aufnehmen oder selbst Induktionserscheinungen studiren, indem man auf der Welle eines kleinen Elektromotors, mit welcher der Kontaktmacher in Verbindung steht, einen Stromschliesser anordnet, der in dem betreffenden Stromkreise bei jeder Umdrehung immer in derselben Weise den gleichen Vorgang erzeugt. Es seien kurz einige Anwendungen des Kurvenindikators zusammengestellt:

Absolute Bestimmung von Wechsel-Spannungs- und -Stromkurven, Phasenverschiebungen, Aenderung der Kurven mit der Belastung, kurz die ganze Arbeitsweise von Wechselstrommaschinen unter verschiedenen Verhältnissen.

Absolute Bestimmung von Magnetisirungskurven, Hysteresisverlusten und andere magnetische Untersuchungen.

Aichung von Wechselstrominstrumenten (Spannungs-, Strom- und Leistungsmessern), wobei gleichzeitig die Abhängigkeit ihrer Angaben von der Kurvenform und Periodenzahl bestimmt werden kann.

Absolute und vergleichende Bestimmungen von Selbstinduktionen und Kapazitäten in verschiedener Weise.

Wirkungsweise von Stromschliessern, telegraphischen Apparaten u. s. w. in Bezug auf den Stromverlauf. Bestimmung von ungleichförmigen Bewegungen.

Auf andere Anwendungsgebiete, deren es wahrscheinlich noch viele giebt (z. B. die physikalische Chemie), da der Kurvenindikator ein ungemein vielseitiges Instrument darstellt, kann hier leider nicht näher eingegangen werden, da der vorliegende Aufsatz lediglich eine genaue Beschreibung der konstruktiven Einzelheiten dieses Apparates geben sollte.

Referate.

Der Crossley-Reflektor der Lick-Sternwarte.

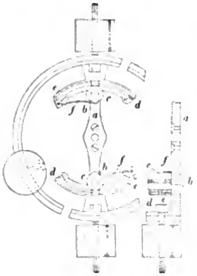
Von J. E. Keeler. *Astrophys. Journ.* ***11.*** *S. 325. 1900.*

Die Sternwarte auf dem Mt. Hamilton in Kalifornien besitzt ein Spiegelteleskop ersten Ranges, welches bei der photographischen Aufnahme von Sternhaufen und Nebelflecken Hervorragendes leistet. J. E. Keeler, der nunmehr leider verstorbene Direktor der Lick-Sternwarte, giebt in obiger Zeitschrift eine Beschreibung des als Crossley-Reflektor bezeichneten Teleskops. Der grosse Spiegel des Instrumentes hat einen Durchmesser von 3' (engl.) und eine Brennweite von 17½' und ist von Calver verfertigt worden. Der Doppelstern *q* Urs. maj. wurde mit demselben nicht aufgelöst, weil die Komponenten zu hell waren, dagegen erschien *O* Σ 249 A B (7,2 und 8,0, Distanz 0'54") völlig aufgelöst. *E. G.*

Borel's Hülfskompensation für Chronometer.

Deutsche Uhrmacherztg. ***24.*** *S. 264. 1900.*

Diese von Borel erfundene neue Hülfskompensation hat den Zweck, die sogenannte Dent'sche Abweichung, die bei Chronometern vorkommt, welche für mittlere Temperaturen kompensirt sind, aufzuheben. Zu diesem Zwecke trägt die Unruhe (siehe nebenstehende Figur) an beiden Enden ihres Querarmes *a* je einen beweglichen, mit einer Schraube *b* befestigten Körper *c*. Die zur Aufnahme dieser Schrauben bestimmten Löcher sind länglich und gestatten daher eine radiale Verschiebung der Massen. Der Querarm *a* verbreitert sich an beiden Enden zu seitlichen Ausladungen, auf deren jeder je eine aus zwei Metallen bestehende Feder *de* aufgeschraubt ist. Die Metalle sind bei beiden Federn im umgekehrten Sinne angeordnet; haben z. B. die Federn *d* den stählernen Theil nach innen, so ist derselbe bei den beiden Federn *e* nach aussen gerichtet. Die Stücke *de* wirken auf die runden Massen *c* in verschiedener Höhe, die nöthige Pressung wird durch die Federn *f* hervorgebracht.



In höheren Temperaturen werden sich also die Federn *d* gegen den Mittelpunkt der Unruhe bewegen, die Massen *c* um eine kleine Strecke verschieben und dadurch ein Vorgehen des Chronometers bewirken. Die Federn *e* treten erst bei niedrigen Temperaturen in Thätigkeit und bewirken in diesem Falle die gleiche Verschiebung der Massen. *E. G.*

Ueber die Härte von Metallen.

Von F. Auerbach. *Ann. d. Physik* **3.** *S. 108. 1900.*

Ueber die Elastizität und die Härte von krystallisirter, amorpher und wasserhaltiger Kieselsäure.

Von Demselben. *Ann. d. Physik* **3.** *S. 116. 1900.*

In *dieser Zeitschr.* **12.** *S. 430. 1892* ist über die Methode der absoluten Härtemessung des Verf. berichtet. Die Methode stützt sich auf die nach einem Grundgedanken von Hertz ausgesprochene Definition der Härte bei plastischen Körpern — zu denen die Metalle wenigstens bei gewöhnlichen Temperaturen gehören — durch den Grenzwerth, den bei wachsendem Druck einer Linse gegen eine Platte (beide aus dem zu untersuchenden Material) der Druck pro Flächeneinheit erreicht, ohne ihn, wenigstens bei vorsichtiger Drucksteigerung, je zu überschreiten. Die Bestimmung erfordert also die Messung einer Reihe von Drucken und der Grösse der zu den einzelnen Drucken gehörigen Deformationskreise. Während die Drucke unter allen Umständen leicht zu messen sind, ist die Verfolgung der Deformationen, die bei Gläsern, auf welche sich die früheren Versuche des Verf. beziehen, keine Schwierigkeiten bot, bei Metallen unmöglich. Nichtsdestoweniger ist aber die Messung der Grenzdeformation ausführbar, einmal, weil man, ohne das Ergebniss zu beeinträchtigen, das eine der beiden Präparate, etwa die Linse, mit einer leichten Russschicht überziehen kann, die nach der Entlastung die während der Belastung vorhanden gewesene Druckfläche in bekannter Weise erkennen lässt, zweitens aber weil schon von verhältnissmässig kleinen Beanspruchungen an bei den Metallen die temporäre Deformation vollständig als permanente Deformation erhalten bleibt; mit anderen Worten: der Russkreis, der während der Belastung von der Linse auf die Platte übergegangen ist, ist zwar für sehr kleine Drucke grösser, als die dauernd in der Platte zurückgebliebene Mulde, fällt aber für grössere mit ihr fast völlig zusammen.

Die Aufgabe der Härtebestimmung ist indessen für Metalle schwierig und, wie Verf. meint, in letzter Instanz geradezu unlösbar, wegen der Unmöglichkeit, ein Metall, das fast immer, wenn auch noch so wenige, Beimengungen fremder Körper enthält und dessen Verhalten stets eine Funktion aller voraufgegangenen Behandlungen ist, individuell zu charakterisiren. Indessen hat der Verf. eine Reihe von Bestimmungen auszuführen versucht und die Resultate seiner Versuche, die als Mittelwerthe aus einer Reihe von Beobachtungen anzusehen sind, mitgetheilt. Wir geben diese Resultate untenstehend wieder, wobei wir dem Namen der Metalle ihre Hauptcharakteristika nach den Mittheilungen des Verf. beifügen. Die genauere individuelle Beschreibung der Materialien möge im Original nachgesehen werden. Jedem Metall ist ferner dasjenige Mineral zur Seite gesetzt, welches ungefähr die gleiche absolute Härte besitzt.

Metall	Härte	Mineral
Stahl (mittelhart), englischer Werkzeugstahl	361	Quarz
Kupfer (hart) mit etwas Phosphorkupfer, Draht von 12 *mm* Stärke	143	Apatit
Bronze (Rothguss): 15 Theile Rohkupfer, 2 Theile Rohzink, $1^1/_2$ Theil Rohzinn	127	Apatit
Messing: $^2/_3$ Kupfer, $^1/_3$ Zink, Draht	107	Flussspath
Gold, Feingold, enthält weniger als $^1/_4$ promille fremde Bestandtheile	97	Kalkspath
Kupfer (weich), Kupferguss mit 4 % 10-proz. Phosphorkupfer	95	Kalkspath
Silber, Feinsilber mit 999 Theilen Silber, 1 Theil fremde Metalle (Kupfer, Antimon, Blei)	91	Kalkspath
Aluminium, enthält 6 % Kupfer	52	Borsäure
Blei, Handelsblei, nahezu (bis auf 1 %) rein	10	Gyps

Mittelharter Stahl (englischer Werkzeugstahl) ist hiernach ungefähr 36-mal härter als Blei; bei besonders gehärtetem Stahl kann dies Verhältniss auf 100:1 steigen, ein Beweis, wie stark die Gegensätze unter den Metallen sind. Ferner ist bemerkenswerth, dass Gold,

Kupfer und Silber (weiches, gegossenes Material), wie in mancher anderen Hinsicht, so auch in Bezug auf die Härte einander äusserst nahestehen, während andererseits Kupferguss von hartem Kupferdraht um die Hälfte übertroffen wird. Endlich ergiebt sich, dass Legirungen härter sein können als jeder ihrer Bestandtheile; denn wenn auch Zink und Zinn oben nicht vorkommen, so ist doch zweifellos, dass ihre Härte tief unten, vermuthlich zwischen Aluminium und Blei steht.

Das Hauptinteresse der zweiten Arbeit konzentrirt sich auf die Bestimmung der Härte, nach der gleichen Methode wie vorstehend beschrieben, und der Elastizität von amorphem Quarz, wie er durch Schmelzung im elektrischen Ofen hergestellt war, und die Vergleichung der gefundenen Werthe mit den entsprechenden Daten für natürlichen Bergkrystall. Endlich wurde in derselben Weise der natürliche Opal untersucht, der ebenfalls amorph ist, sich aber durch einen mehr oder weniger grossen Wassergehalt von den beiden ersten Stoffen unterscheidet. Die Messung erstreckte sich auf den Eindringungsmodul E' und die Härte H; aus ersterem ist der gewöhnliche Elastizitätsmodul E nach der Formel $E = E'/(1-\mu^2)$, wo μ die Elastizitätszahl ist, leicht abzuleiten, und zwar auch bei nur roher Kenntniss von μ ziemlich genau, da μ auf den Werth von $1-\mu^2$ nur schwachen Einfluss hat. Für die Härtebestimmung kamen Linsen mit Krümmungsradien von 2 bis 5 *mm* zur Verwendung.

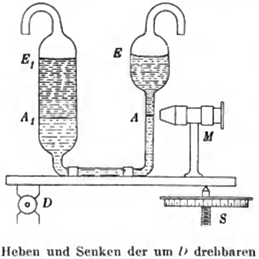
Die folgende Tabelle enthält die Zusammenstellung der Resultate und zwar sind die Grössen E' und H ausser in ihren absoluten Werthen auch noch in Prozenten ihrer Werthe für das Mittel der Werthe von Bergkrystall in beiden Orientirungen angegeben. Beide Grössen E' und H laufen ziemlich proportional, was sich auch in den Werthen der letzten Spalte zeigt.

	$E'\left(\frac{kg}{mm^2}\right)$	$H\left(\frac{kg}{mm^2}\right)$	E' (%)	H (%)	$\frac{100\,H}{E'}$
Bergkrystall (Druckrichtung in der Achse)	10620	308	110	114	2,9
„ („ senkrecht zur Achse)	8566	230	90	86	2,7
„ Mittel	9593	269	100	100	2,8
Amorpher Quarz	6970	223	72	83	3,2
Opal	3893	113	40	42	2,9

Bemerkenswerth ist, dass 1. sowohl die Elastizität, wie die Härte des amorphen Quarzes kleiner ist, als der kleinste ihrer Werthe für Bergkrystall, und 2. Elastizität und Härte des Opals, selbst im Vergleich mit amorphem Quarz, sehr klein, nämlich nicht viel mehr als halb so gross sind. Verf. sucht hierfür Erklärungen zu gewinnen. *Schl.*

Empfindliches Manometer.

Von A. P. Chattock, W. E. Walker und E. H. Dixon. *Phil. Mag.* **1.** *S. 96. 1901.*



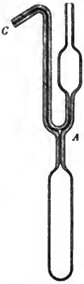
Das Manometer besteht aus einem U-förmigen Rohr in der in nebenstehender Figur wiedergegebenen Anordnung. Das Manometer ist bis AA_1 mit Wasser, darüber bis EE_1 mit Oel vom spez. Gewicht 0,88 gefüllt. Die Ablesung geschieht mit Hülfe des Mikroskops M an der Trennungsfläche der Flüssigkeiten in A. Da eine Verschiebung des Meniskus bei A wegen der verschiedenen Weite des rechten Schenkels, sowie der doppelten Füllung mit Wasser und Oel Aenderungen in den Druckverhältnissen hervorbringen würde, welche die zu messenden geringen Drucke bei weitem übersteigen würden, so benutzen die Verf. das Mikroskop M nur als index, indem sie durch Heben und Senken der um D drehbaren Grundplatte mittels der Schraube S die Trennungsfläche A der Menisken immer wieder an dieselbe Stelle des Rohres bringen. Aus der Grösse

der Drehung der Schraube und der Höhe eines Schraubenganges, dem Abstand $A A_1$, zwischen den Achsen der Röhren gemessen, und der Länge des Hebelarmes $S D$ ist der Druck leicht zu berechnen. Bei guter Beleuchtung der Kuppe wollen die Verf. noch 0,0002 *mm* Wasserdruck messen können. *Schl.*

Bestimmung der Ausdehnung des Jenaer Verbrennungsröhrenglases.

Von J. T. Bottomley und W. T. Evans. *Phil. Mag.* ***1.*** *S. 125. 1901.*

Die Bestimmung wurde zwischen 0° und 100° nach der Methode des Ausflussthermometers ausgeführt unter Benutzung des nebenstehend abgebildeten, aus dem zu untersuchenden Glase verfertigten Apparates. Dieser wurde reichlich mit Quecksilber gefüllt und in Eis eingesetzt. Nachdem man sicher sein konnte, dass er die Temperatur 0° angenommen habe, wurde er bei C mit einer Luftpumpe verbunden und nun alles Quecksilber, welches sich in der gabelförmigen Verzweigung befand, abgesaugt, sodass das im Hauptkörper der Vorrichtung befindliche Quecksilber bei A glatt abschnitt. Nachdem der Apparat dann gewogen war, wurde er in ein Siedegefäss gebracht, das Verfahren des Absaugens wiederholt und darauf der Apparat wieder gewogen. Die Gewichtsdifferenz ergab dann die ausgetretene Quecksilbermenge.



Unter Zugrundelegung der Ausdehnung des Quecksilbers zwischen 0° und 100° gleich 0,01815 erhielten die Verf. für die Ausdehnung des Jenaer Verbrennungsröhrenglases zwischen 0° und 100° aus verschiedenen Versuchen die Werthe 0,00177, 0,00182, 0,00183 und mit einer anderen Probe desselben Glases 0,00181.

Ein ähnlich angestellter Versuch ergab für Jenaer Verbundglas die kubische Ausdehnung zwischen 0° und 100° zu 0,0022. *Schl.*

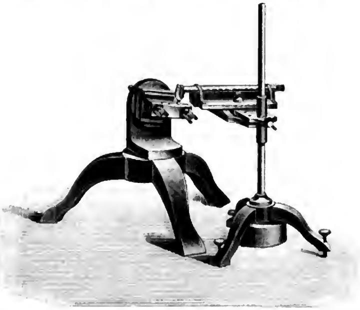
Ueber die höchsten hörbaren und unhörbaren Töne.

Von Rudolf König. *Wied. Ann.* ***69.*** *S. 626 u. 721. 1899.*

Im Zusammenhang mit dieser Arbeit von R. König stehen einige frühere Mittheilungen von anderen Autoren über hohe Töne, z. B. von Stumpf und Meyer, *Wied. Ann.* ***61.*** *S. 760. 1897*; Stumpf, *ebenda* ***68.*** *S. 105. 1899*; F. A. Schulze, *ebenda* ***68.*** *S. 99 u. 869. 1899* und andere von Melde und Appunn aus derselben Zeit. Es handelt sich dabei im Wesentlichen um die Prüfung der von Appunn hergestellten Pfeifenserien, welche auch von Preyer untersucht waren, sich aber später z. Th. als unrichtig erwiesen. So sollte die Reihe z. B. bis $gis_8 = 50\,880$ Schwingungen reichen, ging aber nur bis etwa 11 000 Schwingungen. Auch war die Tonfolge z. Th. unterbrochen, indem folgende Töne tiefer statt höher waren.

Schon früher hatte Verf. Zweifel an der Richtigkeit der von Preyer untersuchten Stimmgabelreihe; er sah indessen damals von einer Veröffentlichung seiner Messungen ab, da dieselben auf eine Konkurrenz-Firma Bezug hatten. Nachdem nun auch von anderer Seite die Unrichtigkeit dieser Reihe nachgewiesen worden ist, theilt er seine Erfahrungen mit, die er bei der Beschäftigung mit den höchsten Tönen gemacht hat. Die Mittheilung besteht aus zwei Theilen, von denen der erste die höchsten Töne behandelt, welche durch direktes Stimmen herzustellen sind, während im zweiten Theil die Töne betrachtet werden, die man durch Berechnung aus den Dimensionen (bei Stäben, Platten, Orgelpfeifen u. s. w.) herstellen kann. Die direkte Stimmung wurde nur mit Stimmgabeln vorgenommen und es gelang Verf. durch Stimmung mittels Stosstönen bis zu f_7 (22 500 Schw.) und mit Kundt'schen Staubfiguren sogar bis f_9 (90 000 Schw.) zu kommen. Bei diesen letzten Tönen ist die Grenze der Hörbarkeit, die zwischen c_7 und c_8 liegt, schon weit überschritten. Die Gabeln der neuen vom Verf. angefertigten Reihe haben bedeutend geringere Masse, als die der alten, z. B. hat f_7 nur noch Zinken, deren grösste Dicke unten etwa 6 *mm*, oben 4 *mm* bei einer Länge von 12 *mm* beträgt. Bis g_5 bezw. a_5 erhält man leicht Stosstöne durch aufeinander folgendes Anschlagen der Gabeln, über a_5 hinaus tönen aber die Gabeln nach dem

Anschlagen nicht mehr lang genug. Man muss die beiden Gabeln, die Stosstöne geben sollen, dann durch einen gemeinsamen Bogenstrich erklingen lassen; zu diesem Zweck spannt man dieselben in passender Weise nebeneinander in eine Art doppelter Schraubenpresse und theilt den Bezug eines Kontrabassbogens durch die Zeigefinger in zwei Hälften, sodass man die beiden Gabeln zugleich anstreichen kann. Das Experiment ist leicht bis g_6 auszuführen, oberhalb c_7 gehört schon grosse Uebung und Sicherheit im Anstreichen dazu, um noch bis f_7 zu gelangen. Die Stosstöne, welche sich durch Kombination der verschiedenen Gabeln hervorbringen und beobachten lassen, sind tabellarisch zusammengestellt. Die Fehler, die man bei der Bestimmung der Stosstöne macht, gehen nur zum geringen Theil auf den zu bestimmenden Ton über. Viel weiter kommt man durch Benutzung Kundt'scher Staubfiguren und kann nach dieser Methode die Töne direkt bestimmen bis zu f_9 (90 000 Schw.), eventuell bis fis_9, darüber hinaus war es indessen ganz unmöglich, Staubfiguren zu erhalten. Bei f_9 haben die Halbwellen eine Länge von etwa 2 *mm* und waren mitunter auch nur schwer zu erhalten. Die Genauigkeit der Ausmessung dieser Wellen war dadurch ziemlich beträchtlich, dass meist eine sehr grosse Anzahl solcher Wellen hervorgerufen werden konnte, z. B. bei einer Stimmgabel c_7 in einem Rohr von 11 *mm* Durchmesser noch gegen 100 gut ausgebildete Halbwellen. Ueber c_7 hinaus muss die Länge der Rohre immer einer geringeren Anzahl Wellen gleich werden, je höher der Ton ist, so war z. B. in der Oktave c_7 bis c_8 bei etwa 50 Halbwellen die Grenze erreicht, darüber hinaus wurden die Wellen schlecht oder gar nicht mehr ausgebildet. Andererseits gewinnt man bei hohen Tönen dadurch wieder an Genauigkeit, dass hier die Staubfiguren aus lauter kleinen Anhäufungen in den Wellenbäuchen bestehen, deren Mittelpunkte sich mit grosser Sicherheit bestimmen lassen. Verf. giebt eine Auswahl photographischer Aufnahmen von Staubfiguren verschieden hoher Töne bis zu f_9. Die richtige Weite der Rohre ist bei diesen Versuchen von noch grösserer Wichtigkeit, als die Länge, da sich sowohl bei zu weiten wie bei zu engen Rohren die Staubfiguren schlecht und unregelmässig ausbilden. Sodann ist zu beachten, dass bei engen Rohren die Schallgeschwindigkeit in Luft verringert wird; bei zu engen Rohren ist auch die Länge der Wellen von der Intensität des Tones etwas abhängig. Durch eingehende Versuche stellte Verf. den Einfluss dieser Faktoren fest und fand bis etwa c_5 die Kundt'sche Regel bestätigt, dass der Durchmesser des Rohres der Viertelwelle gleich sein soll; bei c_6 musste jedoch der Durchmesser gleich der Halbwelle sein und über c_7 gleich $^2/_3$ der Welle. So war z. B. für c_9 ein Durchmesser von 3 *mm* zu wählen. Je höher die Töne werden, desto näher rücken die zulässigen Grenzen für die Dimensionen der Röhren zusammen. Bei den hohen Tönen ist es auch nöthig, die Röhren möglichst dünn zu nehmen, um bei der geringen Länge der Gabeln dieselben noch anstreichen zu können, weil sie sich dann sehr nahe am Rohr befinden müssen (vgl. d. Figur). Das offene Ende des Glasrohrs muss gut senkrecht zu der Längsachse desselben abgeschliffen sein, damit es parallel zur Fläche der Gabel dicht vor derselben eingestellt werden kann. Um das Rohr stets genau horizontal legen zu können, wird die Stimmgabel in einer drehbaren Schraubenpresse befestigt, die auf einem eisernen Ständer ruht. Für das gute Gelingen der Staubfiguren ist



auch die Art des angewendeten Staubes von Wichtigkeit. Verf. verwendet Korkstaub in verschiedenen Korngrössen, die er durch eine Reihe von Sieben erhält mit etwa 280, 670, 1660 bezw. 3080 Löchern auf 1 *qcm*. Das feinste Sieb mit 4440 Löchern ergab einen zu feinen Staub, der zu fest aneinander klebte. Nachdem der Staub auf dem Boden der Röhre zu einer gleichmässigen Linie vertheilt ist, dreht man die Röhre etwas um ihre Achse, sodass die Staublinie seitlich zu liegen kommt, dann bilden sich die Staubfiguren oft noch aus, wenn der am Boden liegende Staub sich gar nicht rührt. Bei dieser Anordnung entstehen die Wellen als bogenförmige Zacken, in denen die Rippen der Wellen wie Fransen herabhängen. Die Knotenpunkte bilden dann ziemlich scharfe Spitzen, die gut zur Messung geeignet sind. Bei den ganz hohen Tönen wendet Verf. häufig noch einen besonderen Kunstgriff an, wenn sich die an der Seite liegende Staublinie beim Tönen der Stimmgabel nicht bewegen will. Er giebt dann einen leichten Schlag auf das Gestell, auf dem die Röhre liegt, sodass ein Theil des Staubes herabfällt und eine neue Linie bildet, die sofort durch Drehen des Rohres wieder auf die Seite gebracht wird. Wenn dann gleich hinterher der Ton erregt wird, sodass der Staub nicht erst Zeit hat, festzubacken, gelingt es häufig, noch Wellen hervorzurufen. Eine der sechs vom Verf. mittels Stosstönen gestimmten Stimmgabelreihen (von c_5 bis f_7) wurde von Dr. Schwendt in Basel (*Archiv f. d. ges. Physiol.* **75.** *S. 346. 1899*) mittels der Kundt'schen Staubfiguren direkt gemessen und in guter Uebereinstimmung gefunden.

Von den im zweiten Theil behandelten Stäben, Platten u. s. w. werden die *transversal schwingenden Stäbe*, die an zwei Fäden aufgehängt sind, am wenigsten durch die Art ihrer Befestigung in der freien Schwingung beeinträchtigt. Beim Anschlagen lassen sie noch immer Stosstöne hören, die indessen bei der Bestimmung der Tonhöhe nicht störend wirken. Die aus den Dimensionen berechneten Stäbe sind nach der Höhe zu etwas zu tief (für ein Sechstenintervall um etwa einen Viertelton). Die Hörbarkeit der Töne ist bei diesen Stäben fast ebenso gut wie bei den Stimmgabeln, und auch der höchste unhörbare (c_8) schwingt noch wirklich. Die *longitudinal schwingenden Stäbe* sind viel ungünstiger; im Allgemeinen werden bei ihnen die Töne durch Reiben hervorgerufen, von g_5 ab muss aber statt dessen der Stab durch Anschlagen an das eine Ende zum Tönen gebracht werden, wobei die stark auftretenden Transversaltöne störend wirken. Schon zwischen c_6 und c_7 sind diese Longitudinaltöne nicht mehr sicher zu beobachten, haben aber, soweit sie hörbar sind, eine grössere Stärke und längere Dauer als die Töne anderer fester Körper. Die nach dem Längengesetz berechneten Stäbe sind nach der Höhe zu etwas zu hoch.

Die Töne der *Platten* hängen in hohem Maasse von der Intensität der Töne und der Befestigungsweise der Platten ab. An kleinen Platten lässt sich die Existenz unhörbarer Töne hübsch demonstriren.

Ebenso ist die Tonhöhe der *Orgelpfeifen* von der Stärke des Anblasens abhängig. Das Gesetz von Cavaillé Coll wurde bestätigt, nach welchem die Länge der offenen rechteckigen Orgelpfeife gleich der halben theoretischen Wellenlänge ihres Tones weniger ihrer doppelten Tiefe sein soll und diejenige der gedeckten Pfeife gleich der theoretischen Viertelwelle, ebenfalls weniger ihrer doppelten Tiefe. Bei den Orgelpfeifen kann man konstatiren, wie sehr die Hörbarkeit eines Tones von seiner Dauer abhängt.

Saiten und *Membrane* sind zur Erzeugung höchster Töne unbrauchbar. Bei grossen *Sirenenscheiben* ist die Grenze ihrer höchsten Töne nicht allein durch den Rotationsapparat bedingt, sondern auch noch durch die Stärke bezw. Geschwindigkeit des Windes, welche immer so gross sein muss, dass der Wind auch wirklich durch die Löcher der Scheibe hindurchdringen kann. *W. J.*

Die Beschaffenheit der gelben Natriumlinien.

Von Ch. Fabry und A. Pérot. *Compt. rend.* **130.** *S. 653. 1900.*

Gelegentlich seiner bekannten Untersuchungen über die Spektrallinien der Metalle hatte Michelson bereits die Vermuthung ausgesprochen, dass jede der beiden gelben Natriumlinien doppelt sei; die Verhältnisse schienen jedoch derartig verwickelt und unbeständig, dass die Untersuchung nicht zu Ende geführt werden konnte. Offenbar hatten

die Schwierigkeiten hauptsächlich darin ihren Grund, dass es Michelson nicht gelang, die eine der beiden Linien vollständig zu beseitigen. Dies erreichten die Verf. mit Hülfe eines von Mascart angegebenen Verfahrens, indem sie das parallel gemachte Strahlenbündel senkrecht auf eine 30 *mm* dicke, parallel zur Achse geschnittene Quarzplatte auffallen liessen, welche sich zwischen zwei Nicols befand, deren Polarisationsebenen mit den Krystallachsen der Platte Winkel von 45° einschlossen. Das austretende Licht enthält dann, je nach der Stellung des Analysators, nur eine der beiden Strahlengattungen, während die andere vollkommen ausgelöscht ist; um von der einen zur anderen Lichtart überzugehen, hat man nur den Analysator um 90° zu drehen. Das auf diese Weise isolirte Licht konnte nun mittels des schon früher (vgl. *diese Zeitschr.* **19.** *S. 123. 1899*) beschriebenen Interferenz-Spektroskops der Verf. genau untersucht werden.

Als Lichtquelle verwendeten die Verf. den diskontinuirlichen Lichtbogen im Vakuum, welcher zwischen zwei nach dem Prinzip des Wagner'schen Hammers angeordneten Polen entsteht, und zwar bestand der positive Pol aus versilbertem Eisen, der negative aus einer Natrium-Silberlegirung, die sie durch Einführen von metallischem Natrium in schmelzendes Silber erhielten. Die neben den gelben Natriumlinien auftretenden anderen Natrium- und Silberlinien störten in Folge ihrer geringen Intensität die Beobachtungen nicht.

Es ergab sich nun bei den Versuchen unzweifelhaft, dass allerdings jede der beiden Natriumlinien aus zwei hellen Streifen bestand, welche durch einen dunkelen Zwischenraum getrennt waren; aber diese scheinbare Verdoppelung beruhte thatsächlich auf einer Umkehrung der Linien, also auf einer theilweisen Absorption des ausgesandten Lichtes durch vorgelagerten Natriumdampf. Bei der Vergrösserung der Stromstärke schienen die beiden hellen Theile weiter aus einander zu rücken, d. h. die einfache Linie verbreiterte sich ebenso, wie der durch Absorption hervorgerufene dunkele Theil in der Mitte. Man hat es also hier, im Gegensatz zu den thatsächlich doppelten und mehrfachen Spektrallinien von genau definirter Wellenlänge, mit vollkommen variabelen Verhältnissen zu thun, und die obige Untersuchung liefert einen neuen Beweis für die ja schon bekannte Thatsache, dass zur Erzeugung wirklich monochromatischen Lichtes, wie es bei Interferenzerscheinungen mit hohen Gangunterschieden nothwendig ist, das Natriumlicht sich durchaus nicht eignet. *Glch.*

Universalgoniometer mit mehr als zwei Drehachsen und genaue graphische Rechnung.

Von E. v. Fedorow. *Zeitschr. f. Krystallogr. u. Miner.* **32.** *S. 464. 1900.*

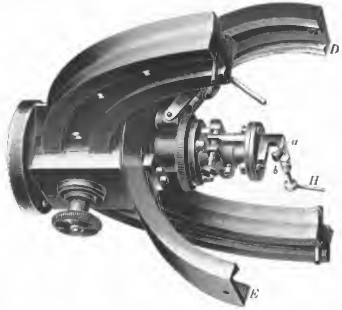
Der wesentliche Vorzug der zweikreisigen Goniometer (nach Czapski, Fedorow, Goldschmidt u. A.) besteht bekanntlich in der Möglichkeit, die Flächenwinkel eines Krystalls hintereinander zu messen, ohne dass es wie bei den einkreisigen Goniometern nöthig wird, den Krystall für jede neue Zone zu justiren und zu zentriren. Da die Messung direkt die sphärischen Koordinaten der Zonenebenen liefert, so wird die Rechnung abgekürzt, wenn sie auch nicht völlig entbehrlich gemacht wird.

In obiger Abhandlung zeigt E. v. Fedorow, wie mit Hülfe eines Universalgoniometers mit mehr als zwei Drehachsen die Rechnung weiter reduzirt werden kann. Ein solches Instrument gewinnt eine allgemeinere Bedeutung, da es überhaupt *Rechenoperationen der sphärischen Trigonometrie auf instrumentellem Wege zu lösen gestattet.* Nachdem Verf. im Jahre 1898 ein Probeexemplar durch Veränderung eines Fuess'schen kleinen Universalgoniometers durch den Mechaniker C. Petermann in St. Petersburg (Technologisches Institut) hatte herstellen lassen, ist jetzt von demselben ein vollkommeneres Instrument ausgeführt worden.

Das neue Universal- (Theodolit-) Goniometer kann mit Autokollimation oder mit zwei Fernrohren eingerichtet werden. Die Figur zeigt den erweiterten Justirapparat, der auf die Achse des vertikalen Kreises eines zweikreisigen Goniometers zu setzen ist, wodurch zwei bewegliche Hülfsachsen zu den beiden mit Theilkreis versehenen Achsen, der festen vertikalen und der beweglichen horizontalen, hinzutreten. Der Krystallträger sitzt auf dem beweglichen Bogen *DE*. Für die Zwecke der instrumentellen Rechnung wird derselbe durch

eine besondere Vorrichtung, den „*künstlichen Krystall*“, ersetzt. Sie besteht in der Hauptsache aus zwei kleinen Spiegeln *a* und *b*, welche durch einen dünnen und langen Handgriff *H* unter beliebigem gegenseitigen Winkel eingestellt werden können.

Die Grundaufgabe der instrumentellen Rechnung besteht darin, die sphärischen Koordinaten der Zonenachsen zu bestimmen, wenn solche für zwei Zonenebenen gegeben sind. Hierzu wird der künstliche Krystall nach den gegebenen Koordinaten eingestellt. Alsdann muss die Zonenachse in genaue Koinzidenz mit der mit Theilkreis versehenen beweglichen Achse gebracht werden. Hierauf wird der Spiegel *b* bei unveränderter Lage von *a* senkrecht zu dieser Achse gestellt. Dreht man jetzt den Spiegel *a* mittels der Hülfsachsen in die ursprüngliche Stellung zurück, so nimmt der Spiegel *b* die Lage des Zonenpols ein, dessen Koordinaten direkt abzulesen sind. Die soeben beschriebene Operation ist günstig, wenn die Breitenwinkel beider Flächen gross sind. In anderen Fällen führt ein ähnliches Verfahren zum Ziel. In etwas abgeänderter Weise lassen sich mit diesem Instrument andere Aufgaben der sphärischen Trigonometrie lösen. Ein Genauigkeitsgrad auf halbe Minuten ist nach dem Verfasser leicht zu erreichen, eine grössere Genauigkeit aber sehr schwer zu erzielen.



Um für die erforderlichen Drehungen bereits angenäherte Werthe zu kennen, schlägt der Verf. die Lösungen in stereographischer Projektion vor, welche die gesuchten Werthe mit einer Genauigkeit von ½ Grad liefern. Zur genauen Einstellung sind alsdann nur mikrometrische Bewegungen am Goniometer erforderlich.

In einem besonderen Theil diskutirt Verf. einen anderen Weg zur genauen graphischen Auflösung sphärischer Dreiecke, der allerdings von der präzisen Ausführung eines stereographischen Netzes abhängig ist, um einen Genauigkeitsgrad von einer halben Minute zu erreichen. Dasselbe ist von einem getheilten Ringe umgeben. In radialer Richtung sind zwei Stangen angeordnet, welche oberhalb des Netzes liegen und ein Längenmaass tragen. Wird der Kreisradius als Einheit genommen, so sind die direkt ablesbaren Distanzen den Tangenten der halben Winkel der Winkeldistanzen gleich. Die eine Stange ist fixirt, während die andere um das Zentrum des Netzes drehbar ist. Längs dieser Stangen lassen sich zwei Mikroskope bewegen, denen Okularmikrometer und Nonien beigegeben sind. Das Netz selbst ist um sein Zentrum drehbar. Alle Bewegungen sind grob und auch feinmikrometrisch ausführbar. Eine Unvollkommenheit in der Anwendung der stereographischen Projektion besteht darin, dass bei sonst gleichen Umständen die Genauigkeit der graphischen Rechnung für die Peripherie des Netzes zweimal grösser wird, als für die zentralen Elemente. *Sied.*

Anwendung des Radiomikrometers zur Messung kurzer elektrischer Wellen.

Von G. W. Pierce. *Amer. Journ. of Science* **9.** *S. 252. 1900.*

Der Verfasser verbindet zum Nachweis elektrischer Wellen die von Klemenčič vorgeschlagene Anwendung von Thermoelementen mit dem Radiomikrometer von Boys.

Auf eine mit Fussschrauben versehene Grundplatte *B* (Fig. 1) ist ein Holzblock aufgesetzt, in welchen eine Höhlung *R* in Form eines parabolischen Zylinders eingeschnitten ist.

Die Höhlung ist mit Kupferblech belegt und besitzt eine Oeffnung von 16 × 13 *cm*; die Parabel hat eine Brennweite von 2 *cm*. Oberhalb dieses Reflektors (und von ihm durch eine Metallplatte getrennt) ist ein permanenter Magnet angeordnet. In der Brennlinie des Reflektors ist der Empfänger aufgehängt. Derselbe besteht aus zwei Kupferzylindern *o* von 8 *mm* Länge und 1 *mm* Durchmesser, die in einem Abstand von 1 *mm* von einander mit Seidenfäden an einem Glimmerblättchen befestigt sind (vgl. die vergrösserte Darstellung neben Fig. 1). An die einander zugewandten Enden der Kupferzylinder sind ein Manganin- und ein Konstantandraht von 0,01 bis 0,02 *mm* Durchmesser gelöthet. Diese Drähte sind umeinandergeschlungen und werden unter einem rechten Winkel seitlich weggeführt und an die federnden Enden *aa* eines Kupferdrahtes gelöthet. Diese federnden Theile sind die Enden eines bifilar geführten Drahtes, der mittels Wachs an dem Glimmerblatt befestigt ist, und dessen anderes Ende aus einer schmalen Schleife besteht, die zwischen den Polschuhen *NS* des Magneten hängt. Das ganze System ist an einem durch eine Messingröhre *T* geführten Quarzfaden aufgehängt. Treffen elektrische Wellen auf den Empfänger, so wird durch die in demselben entstehenden elektrischen Schwingungen eine Thermokraft im Berührungspunkt

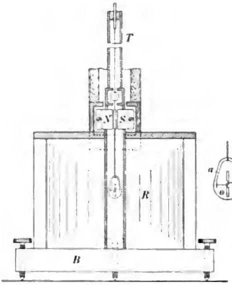


Fig. 1.

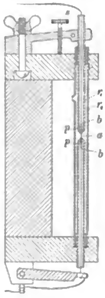


Fig. 2.

des Manganin- und Konstantan-Drahtes erzeugt, die einen Strom in der zwischen den Polen *NS* befindlichen Schleife hervorruft. Die Ablenkung, die dadurch das ganze System erfährt, wird mit Spiegel und Skale gemessen.

Der die elektrischen Wellen erregende Funken geht bei *a* (Fig. 2) zwischen Iridiumspitzen über, die sich als widerstandsfähiger erwiesen, als Platinspitzen. Diese Iridiumspitzen sind an kurze Platindrähte *pp* gelöthet, die in enge Thermometerröhren r_1 eingeschmolzen sind. Die Thermometerröhren werden durch Gummipfropfen in einer weiteren mit Vaselinöl gefüllten Röhre r_2 festgehalten. Diese Röhre wird durch Holzklammern in der Brennlinie eines dem früheren gleichen parabolischen Zylinders festgehalten. Durch eine Mikrometerschraube *s* kann der Abstand der Iridiumspitzen regulirt werden. In die engen Röhren sind zwei feine Platindrähte eingeführt, die an die sekundären Pole eines Induktoriums gelegt werden. Diese Drähte sind von den Platinstücken *p* durch Funkenstrecken *bb* von etwa 2 *mm* Länge getrennt.

Zur Erregung des Induktoriums diente ein Motorunterbrecher. Mittels der beschriebenen Anordnung wurde die Energie der auffallenden Strahlung gemessen, wenn man den Winkel veränderte, den der Oszillator mit der gemeinsamen optischen Achse der parabolischen Zylinder bildete. Ausserdem werden Messungen über die Absorption von Holz mitgetheilt; dabei ist einmal die Faserrichtung des Holzes parallel zur Ebene der elektrischen Schwingung, das andere Mal steht sie senkrecht darauf. *E. O.*

Neu erschienene Bücher.

J. J. Thomson, Die Entladung der Elektrizität durch Gase. Aus dem Englischen übersetzt von Dr. P. Ewers. Ergänzt und mit einem Vorwort versehen von Prof. Dr. H. Ebert. gr. 8°. VIII, 144 S. m. 41 Fig. Leipzig, J. A. Barth 1900. 4,50 M.; geb. in Leinw. 5,50 M.

J. J. Thomson war der Berufenste, über das vorliegende Thema eine zusammenfassende Darstellung zu geben. Dieselbe liegt jetzt in deutscher Uebersetzung vor, und es ist damit eine von vielen Seiten empfundene Lücke ausgefüllt. Die englische Ausgabe ist 1897 erschienen; sie enthält eine Ausarbeitung von vier Vorlesungen, die an der Universität Princeton, New Jersey, im Oktober 1896 gehalten wurden. Im ersten Kapitel ist die Gaselektrisirung, welche bei chemischen Reaktionen, bei der Elektrolyse und bei mechanischem Zerstäuben von Flüssigkeiten auftritt, sowie der Elektrizitätstransport in Gasen, die mit Hülfe von Röntgen- und Becquerel-Strahlen leitend gemacht sind, behandelt. Wie in den Originalarbeiten J. J. Thomson's und seiner Schüler, so ist auch hier die Anschauungsweise der Ionentheorie durchgeführt.

Während im ersten Kapitel die fast ausschliesslich englische Literatur nicht sehr ausgedehnt ist, sind im folgenden Abschnitt, der die photoelektrischen Erscheinungen, die von glühenden Körpern, Bogenentladungen u. s. w. ausgehende Gaselektrisirung und Leitung, sowie die Elektrolyse in Gasen behandelt, sehr zahlreiche Zitate von Arbeiten aller Länder vorhanden. Nach Ansicht des Ref. ist hierbei unter den Arbeiten zu wenig Auswahl getroffen und vielen Erscheinungen rein qualitativer Art, welche wegen zu grosser Komplizirtheit wenig theoretisches Interesse bieten, ein zu grosser Raum gewährt worden. Dafür hätte wohl eine eingehendere Behandlung der Entladungen in Vakuumröhren, z. B. der Messungen des Potentialgradienten u. s. w., in den Rahmen des Buches gepasst.

Unzureichend ist jetzt das dritte Kapitel „Kathodenstrahlen". Ueber die seit der Herausgabe des englischen Originals erschienenen Arbeiten sind in der deutschen Ausgabe nur die Literaturangaben und zwar nur unvollständig eingefügt worden. Diese Arbeiten sind aber zu wichtig, als dass eine ohne ihre Berücksichtigung geschriebene Zusammenstellung jetzt noch von Werth sein könnte. *H. S.*

Annuaire *pour l'an 1901, publié par le Bureau des Longitudes.* 16°. IV, 636 u. 272 S. Paris, Gauthier-Villars. 1,50 fr.

Die Einrichtung dieses Jahrbuchs hier bis ins Einzelne zu beschreiben, ist nicht möglich, bei seiner weiten Verbreitung aber auch nicht nothwendig. Der übliche Inhalt des 1. Theils ist folgender: Kalender mit Auf- und Untergangszeiten von Sonne, Mond und Planeten für die Breite von Paris; Himmelserscheinungen, wobei besonders auch solche Erscheinungen berücksichtigt sind, bei denen der Liebhaber der Astronomie diese fördern kann, z. B. Epochen und Grössen der Maxima und Minima der veränderlichen Sterne, Radiationspunkte der Sternschnuppen u. s. f.; Angaben über die Abmessungen und die Physik der Erde (man beachte den hübschen Abakus von d'Ocagne zur Reduktion der Barometerstände auf 0° *S. 222*); Daten für Planeten, Monde, Kometen, Fixsterne; die Zusammenstellungen von Maassen, Gewichten und Münzen; die umfangreichen Notizen zur Geographie und Statistik; die physikalischen Angaben über die Dichte der Körper, die Tabellen zur Wärmelehre, Akustik, Optik und Elektrizität; die chemischen Grundangaben über Atomgewichte und elektrochemische Aequivalente.

In dem angefügten 2. Theil bietet der vorliegende Jahrgang folgende Aufsätze: A. Die elektrische Uebertragung der Energie von Cornu; B. den (bereits in den *Compt. rend.* erschienenen) Bericht von Poincaré über die Neumessung des Bogens von Quito; C. einen Bericht von Loewy über die internationale Astronomen-Konferenz auf der Pariser Sternwarte im Juli 1900; D. eine historische Notiz von Bassot über die Begründung des metrischen Systems; E. einen kurzen Bericht von Bouquet de la Grye über die 13. Konferenz der internationalen Erdmessung in Paris 1900; F. einen Aufsatz von Janssen über die Fort-

schritte der Aeronautik; G. einen Bericht von Janssen über die Arbeiten des Montblanc-Observatoriums im Jahre 1900; endlich H. die von Guyou am Grab des Admirals de Bernardières gehaltene Rede.

Von diesen Aufsätzen sei auch Lesern in Deutschland, denen im letzten Jahr anlässlich der Hundertjahrfeier des metrischen Systems zum Theil so Merkwürdiges über die Entstehungsgeschichte dieses Systems geboten wurde, der Aufsatz von Bassot (D.) empfohlen. Bei C. verdient besonders die Vereinigung der Sternwarten zur Bestimmung der Sonnenparallaxe mit Hülfe von Eros das Interesse der weitesten Kreise. Bei (B. und) E. sei auf die theils bereits begonnenen, theils unmittelbar vor der Ausführung stehenden grossen Meridianbogenmessungen aufmerksam gemacht: Bogen von $4^1/_2{}^0$ in Spitzbergen (leider 1900 nicht beendigt, wie gehofft war, sondern wegen ungünstigster Eis- und Wetterverhältnisse ins Stocken gerathen; die Messung soll durch Zusammenwirken einer schwedischen Abtheilung auf der nördlichen Hälfte mit einer russischen auf der südlichen Hälfte durchgeführt werden); Neumessung des Meridianbogens von Quito und Erweiterung auf 6° (die Messung wird vom französischen *Service géographique de l'Armée* ausgeführt; die Rekognoszirung ist bereits 1899 beendigt worden und die Messungen werden im Sommer 1901 beginnen); der nordamerikanische Meridianbogen durch Mexiko, die Union und Canada von etwa 53° Ausdehnung, von der pazifischen Südküste von Mexiko bis zum Eismeer reichend, längs dem Meridian 98° w. Gr.; endlich der Meridianbogen durch ganz Afrika, vom Kap bis nach Aegypten, der später durch Kleinasien und die europäische Türkei mit dem schon fertigen grossen russischen Meridianbogen in Verbindung gebracht werden soll, sodass ein afrikanisch-europäischer zusammenhängender Meridianbogen von über 100° von der Südspitze von Afrika bis zur Nordspitze von Europa hergestellt werden wird. Welche Aussichten für unsere Kenntniss der Erdform und der Erddimensionen!

Ob Bouquet de la Grye mit Recht Frankreich so ganz ausschliesslich als „*initiateur de la géodésie et des nivellements*" bezeichnet? Was die Triangulation und Erdmessung angeht, so wollen wir, Picard und seine Beobachtungskunst in Ehren, Snellius nicht vergessen; und über das Nivelliren wäre, abermals Picard im 17. und Bourdaloué im 19. Jahrhundert in Ehren, Vieles zu sagen, was mich hier zu weit führen würde. *Hammer.*

Rapports *présentés au Congrès de Physique à Paris en 1900.* Gesammelt und veröffentlicht von Ch. Ed. Guillaume u. L. Poincaré. In 3 Bdn. gr. 8°. Mit Fig. Paris, Gauthier-Villars 1900. 50 fr.; Einzelpreis je 18 fr.

Die Organisations-Kommission des im vorigen Jahre in Paris abgehaltenen Physiker-Kongresses hatte die glückliche Idee, schon geraume Zeit vor dem Kongress eine grosse Zahl von hervorragenden Physikern aller Nationen für den Plan zu gewinnen, über ihr besonderes Arbeitsgebiet einen ausführlichen Bericht an den Kongress zu erstatten. Diese Berichte sollten die Entwickelung und den augenblicklichen Stand von zahlreichen besonders wichtigen und zur Zeit im Brennpunkt des Interesses stehenden physikalischen Problemen schildern.

Dem unermüdlichen Eifer und der ausserordentlichen Arbeitskraft der beiden Generalsekretäre des Kongresses, der Hrn. Ch. Ed. Guillaume und L. Poincaré, ist es in kürzester Zeit gelungen, die Berichte in drei stattlichen Bänden der Oeffentlichkeit zu übergeben. Ein noch ausstehender Band soll die Protokolle der Kongresssitzungen, die bei verschiedenen Gelegenheiten gehaltenen Reden und ein Verzeichniss der Kongress-Theilnehmer enthalten.

Wenn es auch ausserhalb des Rahmens dieser Zeitschrift liegt, auf die einzelnen Berichte näher einzugehen, so sei doch durch das nachfolgende ausführliche Inhaltsverzeichniss auf die bedeutsame Publikation besonders hingewiesen.

Band I: *Questions générales. Métrologie. Physique mécanique. Physique moléculaire.*

H. Poincaré, Beziehungen zwischen der experimentellen und der theoretischen Physik S. 1. — J. R. Benoît, Ueber die Genauigkeit der Längenmessung in der Metrologie S. 30. — Ch. Ed. Guillaume, Die Maasseinheiten S. 78. — H. Pellat, Physikalisch-technische Staats-

laboratorien S. 101. — J. Macé de Lépinay, Metrologische Bestimmungen mittels Interferenzmethoden S. 108. — P. Chappuis, Die normalen und die praktischen Temperaturskalen S. 131. — C. Barus, Die Fortschritte der Pyrometrie S. 148. — J. S. Ames, Das mechanische Wärmeäquivalent S. 178. — E. H. Griffiths, Die spezifische Wärme des Wassers (Anhang) S. 214. — J. Violle, Ueber die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalls S. 228. — Anhang dazu: M. Brillouin, Theorie der Fortpflanzung des Schalls in einer weiten Röhre S. 246. — V. Bjerknes, Die hydrodynamischen Fernkräfte nach der Theorie von C. A. Bjerknes S. 251. — W. Voigt, Unsere gegenwärtigen Kenntnisse über die Elastizität der Krystalle S. 277. — A. Mesnager, Die Deformation fester Körper S. 348. — Sir W. Roberts-Austen u. A. Stansfield, Die Konstitution der Metalllegirungen S. 363. — W. Spring, Eigenschaften fester Körper unter Druck; Diffusion fester Körper; Innere Bewegungen in festen Körpern S. 402. — Ch. Ed. Guillaume, Die vorübergehenden Deformationen fester Körper S. 432. — B. Weinberg, Das Schmelzen und die Krystallisation nach den Untersuchungen von G. Tammann S. 449. — J. H. van't Hoff, Krystallisation bei konstanter Temperatur S. 464. — Th. Schwedoff, Die Rigidität der Flüssigkeiten S. 478. — G. van der Mensbrugghe, Ueber die Kapillarerscheinungen S. 487. — M. Brillouin, Hängt die Diffusion von Gasen ohne poröse Zwischenwand von der Konzentration ab? S. 512. — J. Perrin, Osmose. Halbdurchlässige Wände S. 531. — G. Lippmann, Die kinetische Theorie der Gase und das Carnot'sche Prinzip S. 546. — E. H. Amagat, Experimentelle Statik der Flüssigkeiten (einfache Flüssigkeiten) S. 551. — J. D. van der Waals, Statik der Flüssigkeiten (Gemische) S. 583. — E. Mathias, Die Methoden zur Bestimmung der kritischen Konstanten und ihre Ergebnisse S. 615. — Fürst B. Galitzin u. J. Wilip, Der kritische Brechungsexponent S. 668. — A. Battelli, Die spezifische Wärme der Gase S. 682.

Band II: *Optique. Électricité. Magnetisme.*

Lord Kelvin, Ueber die Bewegung in einem festen elastischen Medium, in welchem sich ein Körper verschiebt, der auf das Medium anziehend oder abstossend wirkt S. 1. — Anhang dazu S. 19. — W. Wien, Die theoretischen Gesetze der Strahlung S. 23. — O. Lummer, Die Strahlung des schwarzen Körpers S. 41. — E. Pringsheim, Ueber die Emission der Gase S. 100. — P. Lebedew, Die durch den Druck des Lichtes entstehenden Maxwell-Bartoli'schen Kräfte S. 133. — H. Rubens, Das ultrarothe Spektrum 141. — E. Carvallo, Die Theorien der Dispersion und die Dispersionsformeln S. 175. — J. R. Rydberg, Die Vertheilung der Strahlen im Spektrum S. 200. — A. Cornu, Ueber die Geschwindigkeit des Lichtes S. 225. — H. Abraham, Die Messungen der kritischen Geschwindigkeit S. 247. — R. Blondlot u. C. Gutton, Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der elektromagnetischen Schwingungen S. 268. — J. H. Poynting, Die Art der Fortpflanzung der Energie und der elektrischen Spannung in dem elektromagnetischen Feld S. 284. — A. Righi, Die Hertz'schen Wellen S. 301. — E. Branly, Ueber Kohärer S. 325. — E. Bouty, Die dielektrischen Eigenschaften der Gase S. 341. — S. Arrhenius, Die elektrolytische Dissoziation der Lösungen S. 365. — C. Christiansen, Ueber Berührungselektrizität S. 390. — L. Poincaré, Einige Bemerkungen über die Theorien der Volta'schen Säule S. 403. — G. Gouy, Die galvanischen Normalelemente S. 422. — A. Leduc, Das elektrochemische Aequivalent des Silbers, Kupfers und Wassers S. 440. — H. du Bois, Die magnetischen Eigenschaften der wägbaren Materie S. 460. — E. Warburg, Die Hysteresis S. 509. — Anhang dazu: J. H. van't Hoff, Die Umwandlung von kohlenstoffhaltigem Eisen S. 532. — H. Nagaoka, Die Magnetostriktion S. 536. — D. Hurmuzescu, Die durch Magnetisirung hervorgerufenen physikalischen Veränderungen S. 557.

Band III: *Électro-optique et Ionisation. Applications. Physique cosmique. Physique biologique.*

H. A. Lorentz, Theorie der kürzlich entdeckten magnetooptischen Erscheinungen S. 1. — P. Drude, Theorie der Dispersion in den Metallen auf Grund der Elektronen-Hypothese S. 34. — H. Becquerel, Ueber die Strahlung des Uraniums und über verschiedene physikalische Eigenschaften der Strahlung radioaktiver Körper S. 47. — P. u. S. Curie, Die neuen radioaktiven Körper und die von ihnen ausgesandten Strahlen S. 79. — P. Villard, Die

Kathodenstrahlen S. 115. — J. J. Thomson, Betrachtungen über die Konstitution der Materie auf Grund der neueren Untersuchungen über den Durchgang der Elektrizität durch Gase S. 138. — E. Villari, Die elektrischen Ladungen und die ionisirten Gase S. 152. — E. Bichat u. R. Swyngedauw, Ueber die durch violette Strahlen hervorgerufenen aktinoelektrischen Erscheinungen S. 164. — V. v. Lang, Die gegenelektromotorische Kraft des Lichtbogens S. 183. — A. Potier, Ueber Mehrphasenströme S. 197. — A. Blondel, Ueber die direkte Aufzeichnung veränderlicher Ströme S. 264. — A. Witz, Die Fortschritte der Theorie der Wärmemaschinen S. 296. — C. V. Boys. Die Gravitationskonstante S. 306. — R. Bourgeois, Die Vertheilung der Intensität der Schwere auf der Erdoberfläche S. 350. — R. Eötvös, Studie über die Niveauflächen und die Veränderung der Schwere und des erdmagnetischen Feldes S. 371. — F. A. Forel u. E. Sarasin, Die Schwankungen des Wasserspiegels in Seeen S. 395. — E. Hagenbach, Das Eis und die Gletscher S. 409. — F. Exner, Neuere Untersuchungen über Luftelektrizität S. 415. — A. Paulsen, Das Nordlicht nach den Arbeiten der dänischen Expedition in Island S. 438. — A. Crova, Die Solarkonstante S. 453. — K. Birkeland, Ueber die physikalische Konstitution der Sonne S. 471. — Ch. Dufour, Vergleich zwischen der Helligkeit der Sonne und der einiger Sterne S. 488. — A. Broca, Die Energieumwandlungen im Organismus S. 495. — A. Charpentier, Ueber die Erscheinungen auf der Netzhaut S. 523. — M. Tscherning, Die Akkommodation S. 547. — Jagadis Chunder Bose, Ueber die Allgemeinheit der molekularen Erscheinungen, welche bei der Einwirkung von Elektrizität auf unbelebte und lebende Materie auftreten S. 561. — A. Hénocque, Anwendungen der Spektroskopie auf die Biologie und insbesondere der Spektroskopie des Blutes oder Hämatospektroskopie S. 586.

N. Kennedy, *Surveying with the Tacheometer. Practical manual, including two series of tables computed for reduction of readings in sexagesimal and centesimal degrees.* 8°. 112 S. London 1900. Geb. in Leinw. 11,00 M.

C. F. Gauss, Werke. VIII. Bd. Hrsg. v. d. kgl. Gesellsch. der Wissenschaften zu Göttingen. gr. 4°. 458 S. m. Fig. Leipzig, B. G. Teubner in Komm. Kart. 24,00 M.

B. Weinstein, Die Erdströme im deutschen Reichstelegraphengebiet u. ihr Zusammenhang m. den erdmagnetischen Erscheinungen. Mit e. Atlas, enth. 19 lith. Taf. in gr. 4°. gr. 8°. VII, 78 S. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn. 4,00 M.

H. Liebmann, Lehrb. d. Differentialgleichungen. gr. 8°. VI, 226 S. m. Fig. Leipzig, Veit & Co. 6,00 M.; geb. in Leinw. 7,00 M.

E. v. Lommel, Lehrb. d. Experimentalphysik. 7. Aufl., hrsg. v. Prof. Dr. Walter König. gr. 8°. X, 574 S. m. 1 Portr., 430 Fig. im Text u. 1 Spektraltafel. Leipzig, J. A. Barth. 6,40 M.; geb. in Leinw. 7,20 M.

G. Scheffers, Anwendg. d. Differential- u. Integral-Rechnung auf Geometrie. 1. Bd. Einführung in die Theorie der Kurven in der Ebene u. im Raume. gr. 8°. X, 360 S. m. Fig. Leipzig, Veit & Co. 10.00 M.; geb. in Leinw. 11,00 M.

C. A. Vogler, Geodätische Uebungen f. Landmesser u. Ingenieure. 2. Aufl. 2. Thl. Winterübungen. gr. 8°. VI u. S. 273 bis 426 m. 25 Abbildgn. Berlin, P. Parey 1900. Geb. in Segeltuch 5,50 M.

1. u. 2. Thl. 1899/1900. Mit 81 Abbildgn. Geb. in Segeltuch 14,50 M.

W. Voigt, Elementare Mechanik als Einleitg. in das Studium d. theoret. Physik. 2. Aufl. gr. 8°. X, 578 S. m. 56 Fig. Leipzig, Veit & Co. 14,00 M.; geb. in Halbfrz. 16,00 M.

O. de Bast, *Éléments du calcul et de la mesure des Courants alternatifs.* gr. 8°. Mit 75 Fig. Paris 1900. Geb. in Leinw. 6,80 M.

J. A. Bocquet, *Cours élémentaire de Mécanique appliquée.* 4. durchgesehene und vermehrte Ausgabe. 8°. Mit Fig. Paris 1900. Geb. in Leinw. 4,50 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXI. Jahrgang. **Februar 1901.** Zweites Heft.

Untersuchungen über Normal-Elemente, insbesondere über das Weston'sche Kadmium-Element.

Von

W. Jaeger und **St. Lindeck.**

(Mittheilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Einleitung.

Die genaue Kenntniss der Eigenschaften der zur Zeit hauptsächlich in Betracht kommenden Normalelemente (Clark'sche und Weston'sche Elemente) ist besonders für die Reichsanstalt von grundlegender Bedeutung, da hier alle genaueren Strom- und Spannungsmessungen nach der Kompensationsmethode unter Benutzung von Normalelementen ausgeführt werden. Das Normalelement ersetzt also die gesetzlich durch das Silbervoltameter festgelegte Einheit der Stromstärke als praktisches Normal nicht nur bei der Prüfung eingesandter Normalelemente und der Aichung von Strom- und Spannungsmessern u. s. w., sondern auch auf anderen Gebieten (photometrische, thermoelektrische und elektrochemische Messungen).

Durch die früheren umfangreichen Untersuchungen der Reichsanstalt war bereits der Beweis geliefert worden, dass die Konstanz und die Reproduzirbarkeit sowohl des Clark'schen Zinksulfat-Elements, wie des Weston'schen Kadmiumsulfat-Elements weitgehenden Anforderungen genügen.

Nach Abschluss dieser Untersuchungen war es geboten, unter Benutzung aller bisher gesammelten Erfahrungen eine grössere Zahl von Elementen sorgfältig herzustellen, die, analog wie die Drahtwiderstände für die Widerstandseinheit, durch ihren Mittelwerth das praktische Normal für die elektromotorische Kraft darstellen.

Die Unveränderlichkeit der thatsächlich allen Messungen zu Grunde liegenden Widerstandseinheit wird bekanntlich in der Reichsanstalt dadurch gesichert, dass die Manganin-Drahtnormale von Abth. I und II alljährlich untereinander verglichen werden; da diese Drahtnormale verschiedenes Alter besitzen und in verschiedener Weise benutzt werden, so bietet deren relative Uebereinstimmung schon eine grosse Gewähr dafür, dass auch der absolute Betrag ihres Mittels sich nicht geändert hat. Von Zeit zu Zeit vorgenommene Vergleichungen mit den Quecksilbernormalrohren haben diese Schlussfolgerung bis jetzt stets als gerechtfertigt erwiesen.

In analoger Weise wird in der Reichsanstalt die Einheit der elektromotorischen Kraft gewährleistet. Die Herstellung einer grösseren Zahl von Normalelementen, und zwar sowohl von Clark- wie Kadmium-Elementen, wird in längeren Zwischenräumen wiederholt, um dadurch einen Stamm von Elementen verschiedenen Alters zu gewinnen. Eine möglichst genaue Vergleichung dieser Elemente unter einander und die Bestimmung des Verhältnisses der beiden Sorten von Elementen nach der Kom-

pensationsmethode bietet dann, wenn innerhalb der möglichen Beobachtungsfehler stets dieselben Werthe erhalten werden, eine ausreichende Gewähr für die Unveränderlichkeit der durch sie repräsentirten Spannungseinheit. Diese Sicherheit kann noch dadurch erhöht werden, dass in längeren Zeiträumen die beiden Sorten von Elementen direkt an das Silbervoltameter angeschlossen werden, wobei allerdings berücksichtigt werden muss, dass die mit dem Silbervoltameter erreichte Genauigkeit wesentlich zurückbleibt hinter den relativen Bestimmungen der elektromotorischen Kraft der erwähnten Normalelemente nach der Kompensationsmethode.

Für die Neuherstellung von Elementen kommen für die Zwecke der Reichsanstalt fast ausschliesslich Weston'sche Kadmium-Elemente (mit einem Ueberschuss von Krystallen) in Betracht, die sich wegen ihres sehr kleinen Temperaturkoeffizienten zu den Clark-Elementen analog verhalten, wie die Drahtwiderstände aus Manganin zu solchen aus den früher üblichen Materialien.

In der vorliegenden Mittheilung soll in Uebereinstimmung mit den obigen Gesichtspunkten berichtet werden über neuere Versuche an einer grösseren Zahl von Normalelementen, die im Juni 1899 und im November 1900 hergestellt worden sind. In diese Messungen wurden einbezogen eine Anzahl von früher hergestellten, bis zu 9 Jahren alten Clark- und Kadmium-Elementen.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen liefern zugleich von Neuem den Beweis, dass die von Hrn. Cohen *kürzlich aufgestellte Behauptung*[1], *die Kadmium-Elemente seien als Normalelemente unbrauchbar, der Begründung entbehrt.* Hierauf werden wir im Verlauf dieser Mittheilung noch ausführlich zurückkommen.

Die Abhandlung gliedert sich in folgende vier Abschnitte:

I. Herstellung von Kadmium-Elementen (mit 13%-igem Amalgam) und von Clark-Elementen im Jahre 1899 und ihre Vergleichung mit älteren Elementen in demselben Jahre.

II. Wiederholung dieser Messungen im Jahre 1900 unter Ausdehnung auf ein Temperaturintervall von 0° bis 30° C.

III. Herstellung von Kadmium-Elementen (mit 13%- und 12%-igem Amalgam) Ende 1900 und ihre Vergleichung bei 0° und Zimmertemperatur.

IV. Zusammenfassung der Resultate und Besprechung der Versuche des Hrn. Cohen.

I. Messungen im Jahre 1899.

Herstellung neuer Elemente. Im Juni 1899 wurden von uns die folgenden Elemente hergestellt, und zwar sämmtlich in der für Präzisions-Messungen allein in Betracht kommenden Rayleigh'schen H-Form:

a) 17 Weston'sche Kadmiumsulfat-Elemente (mit Ueberschuss von Krystallen) bezeichnet mit a_1 bis a_{17}. Bei Zusammensetzung der Elemente wurde insbesondere die Bemerkung des einen von uns[2]) beachtet: „Für die Kadmium-Elemente empfiehlt es sich, ein etwas verdünnteres Amalgam zu nehmen, als $^1/_6$." Es wurde demgemäss zu diesen Elementen und auch zu den unter c) aufgeführten, anstatt des früher empfohlenen 14,3%-igen Amalgams (1 Theil *Cd* auf 6 Theile *Hg*), 13%-iges Amalgam verwendet.

Diese Bemerkung ist, wie aus dem Folgenden hervorgehen wird, von besonderer Wichtigkeit.

[1]) *Ann. d. Physik* **2.** *S. 863. 1900; Zeitschr. f. phys. Chem.* **34.** *S. 621. 1900.*

[2]) W. Jaeger, Das elektromotorische Verhalten von Kadmiumamalgam verschiedener Zusammensetzung. *Wied. Ann.* **65.** *S. 110. 1898.*

b) 8 Clark-Elemente (m_1 bis m_8). Die Elemente m_6 und m_7 wurden bald nach der Herstellung durch Springen des Glasgefässes auf der Amalgam-Seite unbrauchbar. Diese schon von Rayleigh beobachtete, stets am Zink-Pol auftretende Erscheinung[1]) ist ein grosser Nachtheil von H-förmigen Clark-Elementen, gegenüber ebensolchen Kadmium-Elementen, bei welchen ein Springen des Gefässes an der Amalgamseite in der Reichsanstalt noch nie beobachtet worden ist.

c) 5 Elemente (A_1 bis A_5), die analog den von der *European Weston Electrical Instrument Co.* in Berlin ausgegebenen Elementen eine bei gewöhnlicher Temperatur verdünnte Lösung von $CdSO_4$ enthalten. Da nach Angabe der Firma die von ihr angewandte Lösung bei $+4^0$ C. gesättigt sein soll, so wurden zur Bereitung derselben nach Mylius und Funk (*Ber. d. Deutsch. chem. Ges.* **30.** *S. 824. 1897*) 112,3 Theile Kadmiumsulfat-Hydrat in 100 Theilen Wasser gelöst.

Aeltere Elemente. Von älteren Elementen[2]) wurden die folgenden in die Messungen einbezogen:

Die Clark-Elemente Nr. 7 (zusammengesetzt im November 1891), 60 und 63 (Juli 1892); die Kadmium-Elemente Nr. 319, 341, 354 (April bis Juni 1894), 378 (April 1896).

Die Messungen an Nr. 7 sind in die Tab. 2 (*S. 37*) nicht aufgenommen, da die Krystallschicht von dem Amalgam abgehoben war; dasselbe gilt für die Elemente Nr. 60 und 63. Bei Element Nr. 60 gelang es, nach der Vorschrift von Jaeger und Kahle (*a. a. O. S. 162*), durch Oeffnen des Elementes und Erwärmen auf 40° C. den Uebelstand zu beseitigen, während bei Nr. 7, das in den Messungsreihen vom 12. und 13. Oktober 1899 etwa um 0,0002 Volt niedriger war, als der Mittelwerth der übrigen Elemente, dieser Versuch durch ein Versehen missglückte. Bei Nr. 63 vergrösserte sich der Zwischenraum zwischen Krystallschicht und Amalgam in Folge längerer Abkühlung auf 0° C. und das Element wurde dadurch unbrauchbar.

Auch diese Nachtheile des H-förmigen Clark-Elements sind bei dem Kadmium-Element in der Anordnung der Reichsanstalt nicht vorhanden.

Ausser den erwähnten Elementen standen noch zwei von Hrn. Carhart angefertigte Clark-Elemente (Kahle'sche Form), im Folgenden als C_I und C_{III} bezeichnet, zur Verfügung. Hr. Carhart hatte die Elemente aus Amerika selbst herübergebracht und betheiligte sich bei den meisten der in Abschnitt I beschriebenen Messungen.

Die Messung der elektromotorischen Kraft jedes einzelnen Elementes erfolgte mit einem verbesserten Modell[3]) des Feussner'schen Kompensationsapparates, dessen Korrektionen genau ermittelt waren. Die Empfindlichkeit des benutzten du Bois-Rubens'schen Galvanometers erlaubte $5 \cdot 10^{-6}$ Volt mit Sicherheit abzulesen.

[1]) Der Sprung geht stets von der Einschmelzstelle des Platindrahtes aus und wird augenscheinlich dadurch veranlasst, dass das Zinkamalgam im Laufe der Zeit den Platindraht auch dort, wo er in das Glas eingeschmolzen ist, amalgamirt (Rayleigh, *Phil. Trans.* **176.** *S. 781. 1886*); die damit verbundene Vergrösserung des Volumens des Platindrahtes zersprengt das Gefäss. Das elektronegativere Kadmium-Amalgam bewirkt offenbar keine Amalgamirung.

Bei einer Anzahl von Clark-Elementen, deren Herstellung im Gang ist, soll diesem Uebelstand durch eine, auch schon von anderer Seite benutzte, abgeänderte Form des Gefässes vorgebeugt werden, die ein Einschmelzen des Platindrahtes am negativen Pol unnöthig macht.

[2]) Vgl. W. Jaeger und K. Kahle, Ueber Quecksilber-Zink- und Quecksilber-Kadmium-Elemente als Spannungsnormale. *Diese Zeitschr.* **18.** *S. 161. 1898; Wied. Ann.* **65.** *S. 926. 1898.*

[3]) Der Apparat wird in einem der nächsten Hefte dieser Zeitschrift abgebildet werden; eine kurze Beschreibung findet sich bereits in einer Arbeit von St. Lindeck und R. Rothe, *diese Zeitschr.* **20.** *S. 291. 1900.*

Tabelle 1: Kadmium-Elemente.

Zeit 1899	Beobachtungs-Temperatur in Grad C.	Abweichungen der E.M.K. der Elemente vom Mittelwerth der betr. Reihe (Element minus Mittelwerth) in 10^{-5} Volt																					Mittelwerth des Kompensations-Widerstandes in Ohm für 20° C. umgerechnet
		a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{14}	a_{15}	a_{16}	a_{17}	319	341	354	378	
12. X.	18,45	-0_5	0	-0_5	$+0_5$	$+0_5$	-0_5	0	$+0_5$	-0_5	$+0_5$	$+0_5$	0	0	0	0	0	0	+4	-8_5	+7	−2	1018,51
13. X.	18,35	−1	−1	-1_5	−1	−1	-1_5	−1	0	−2	0	0	−1	0	0	−1	−1	−1	+5	$+0_5$	+7	+1	1018,52
19. X.	17,97	−2	−1	−2	−1	0	−1	−1	0	−2	0	0	−1	−1	−1	−1	−1	−1	+4	+2	+6	−2	1018,54
25. X.	17,62	-0_5	-0_5	-0_5	-0_5	-0_5						$+2_5$								$+0_5$			1018,62
6. XI.	19,43	-1_5	−1	−1	−1	−1	−2	−2	−1	−2	−1	0								+4	+7	−1	10185,2
7. XI.	19,15	-0_5	−2	−1	0	−1	−1	0	+1	0	0	0								+3	+7	−3	10185,1
7. XI.	19,16	-1_5	-1_5	-1_5	-0_5	-0_5	−1	−1	0	−2	-0_5	+1								$+3_5$	$+6_5$	$+2_5$	10185,0
8. XI.	19,68	0	−2	−1	-0_5	−1	−1	-0_5	$+0_5$	−1	0	$+0_5$								$+2_5$	+6	−4	10185,3
9. XI.	18,85	-0_5	−2	−1	-0_5	-1_5	-0_5	-0_5	$+0_5$	-0_5	0	+1								+3	+7	-4_5	10185,0
9. XI.	18,06	-1_5	-1_5	−2	-1_5	-1_5	-1_5	−1	-0_5	-2_5	-1_5	-0_5								$+2_5$	$+6_5$	$+4_5$	10184,7
10. XI.	17,64	−1	−1	−1	-0_5	-0_5	-1_5	-0_5	-0_5	−2	-0_5	0								+2	$+7_5$	$+2_5$	10184,5
11. XI.	17,12	-1_5	−1	-1_5	−1	−1	-1_5	−1	-0_5	-2_5	−1	-0_5								$+1_5$	+8	+1	10184,3_5
14. XI.	17,52	0	0	0	0	$+0_5$																	10185,5
14. XI.	17,71	0	0	0	0	0																	10185,6
15. XI.	17,22	0	0	0	0	$+0_5$																	10185,4
15. XI.	17,26	0	0	0	0	$+0_5$																	10185,4

Tabelle 2: Clark-Elemente.

Zeit 1899	Beobachtungs-temperatur in Grad C.	Abweichungen vom Mittelwerth (Element minus Mittelwerth) in 10^{-5} Volt								Mittelwerth des Kompensationswiderstandes in Ohm		Cl 15° : Cd 20°	Cl 0° : Cd 20°
		m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	m_6	60	63	für 15° C. umgerechnet	für 0°		
12. X.	18,40	− 2	− 2	− 1	0	+ 4	+ 2_5	+ 6	− 7	1432,86		1,40682	
13. X.	18,35	+ 2_5	+ 2	+ 2	+ 1_5	+ 3	+ 3	1_5	− 14_5	1432,81		1,40676	
19. X.	17,95	+ 1	+ 1_5	+ 1_5	+ 1_5	+ 2	+ 2_5	—	− 7	1432,86		1,40678	
25. X.	17,60	+ 4	+ 3	+ 3	+ 2	+ 2	+ 5	− 9	− 7	1432,98		1,40679	
6. XI.[1])	0	− 32	+ 19	+ 19_5	+ 18	− 50	+ 7	+ 18			14 488,6		[1,42 251_5][3])
7. XI.	0	− 26	+ 9	+ 10_5	+ 10_5	− 6	+ 8_5	− 6_5			14 490,9		[1,42 275_5]
7. XI.	0	− 24_5	+ 9	+ 10	+ 10_5	− 4_5	+ 8_5	− 8			14 491,0_5		[1,42278]
8. XI.	0	− 15	+ 6_5	+ 7	+ 7	− 1	+ 8	− 12			14 491,8		1,42 281_5
9. XI.	0	− 9	+ 5	+ 5_5	+ 5_5	− 2	+ 6_5	− 13			14 491,5		1,42283
9. XI.	0	− 8	+ 5	+ 5_5	+ 5_5	− 1_5	+ 6_5	− 12_5			14 491,0		1,42282
10. XI.	0	− 5	+ 5	+ 5	+ 4_5	− 1	+ 6	− 14			14 490,8		1,42283
11. XI.	0	− 3	+ 4_5	+ 4	+ 4	− 0_5	+ 5	− 15			14 490,6		1,42283
14. XI.[2])	17,55	0	+ 1	+ 1	+ 3	+ 12	+ 1	− 16		14 329,0		1,40680	
14. XI.	17,61	0	+ 1	+ 0_5	+ 2	+ 11	+ 1	− 16					
14. XI.	17,70	+ 1	+ 2	+ 1	+ 0_5	+ 5	+ 3	− 14		14 329,0_5		1,40 679_5	
15. XI.	17,23	+ 1	+ 2	+ 2	+ 2_5	+ 5	+ 2	− 13		14 328,5		1,40677	
15. XI.	17,25	0	+ 2	+ 2	+ 1	+ 2	+ 3	− 13		14 328,6		1,40678	
											Mittel:	1,40679	1,42283

[1]) Die Elemente standen seit 5 Stunden in Eis.
[2]) Die Elemente waren seit 24 Stunden aus dem Eis in Zimmertemperatur gebracht.
[3]) Die eingeklammerten Zahlen sind bei der Mittelbildung nicht berücksichtigt.

Zunächst wurden in den Beobachtungsreihen vom 12. bis 25. X. 99 die oben aufgeführten Elemente in einem und demselben, etwa 20 Liter Petroleum haltenden Bad bei Zimmertemperatur verglichen. Durch kleine, von einem Elektromotor angetriebene Pumpen war für gute Zirkulation des Petroleums gesorgt. Die Temperatur des Bades konnte durch Regeln der Zimmertemperatur sehr konstant gehalten werden; zwei sorgfältig verglichene, in zehntel bezw. zwanzigstel Grad getheilte Thermometer dienten zur Ermittelung der Temperatur des Bades, die auf wenige hundertel Grad verbürgt werden kann.

Am 6. XI. brachte man sodann die in einem kleinen Petroleumbad befindlichen Clark-Elemente in einen auf 0° gehaltenen Thermostaten, der von Kahle bei der absoluten Bestimmung der elektromotorischen Kraft des Clark-Elements bei 0° mittels des Helmholtz'schen Dynamometers benutzt worden war (vgl. *Wied. Ann.* **59.** *S. 570. 1896*). Die Elemente blieben 5 Tage lang auf 0° C.

Die erste der acht in Tab. 2 aufgeführten Messungsreihen bei 0° fand statt, nachdem die Elemente 5 Stunden von Eis umgeben waren. Am 13. XI. Vormittags wurden sie wieder aus dem Eis entfernt und an den beiden nächsten Tagen mit einer grösseren Zahl von Kadmium-Elementen bei Zimmertemperatur verglichen. Die Tab. 1 und 2 enthalten die Ergebnisse der Messungen an den oben aufgeführten Kadmium- und Clark-Elementen mit Ausnahme der fünf Elemente A_1 bis A_5 mit verdünnter Lösung, über die weiter unten noch einige Angaben folgen, und der zwei Hrn. Carhart gehörigen Elemente C_I und C_{III}. Bei den Messungen vom 12., 13. und 19. X. waren die letzteren durchschnittlich um 0,0001 bezw. 0,0003 Volt höher als der Mittelwerth der übrigen Clark-Elemente. Es zeigte sich auch hier wieder, wie nahe übereinstimmende Werthe für die elektromotorische Kraft von Clark-Elementen erhalten werden, die von verschiedenen Beobachtern aus verschiedenen Materialien vorschriftsgemäss hergestellt sind. Das Element C_{III} wurde bald nach den obigen Messungen durch dieselbe Ursache unbrauchbar, wie die meisten H-förmigen Clark-Elemente, nämlich durch Springen des Gefässes am Zinkpol. Das Element C_I ist bei sämmtlichen im nächsten Abschnitt beschriebenen Messungen ein Jahr später benutzt worden und zeigt auch dann noch bei Zimmertemperatur um rund 0,0001 Volt höher als das Mittel der übrigen Clark-Elemente (vgl. die Reihen 1, 2, 3 und 56 in Tab. 4, *S. 45 u. 48*).

In den Tab. 1 und 2 ist zunächst, getrennt für die Kadmium- und die Clark-Elemente, die Abweichung jedes einzelnen Elementes vom Mittelwerth der betreffenden Reihe (Element minus Mittelwerth) in hunderttausendtel Volt angegeben; ausserdem ist der jenem Mittelwerth entsprechende Kompensationswiderstand in Ohm aufgeführt, und zwar mittels der folgenden Formeln[1]) für die Kadmium-Elemente auf 20° C., für die Clark-Elemente auf 15° C. bezogen (bezw. bei 0° für die Clark-Elemente direkt gemessen):

Für das Clark-Element

$$E_t = 1,4328 - 0,00119\,(t - 15) - 0,000007\,(t - 15)^2 \text{ int. Volt},$$

für das Kadmium-Element (mit gesättigter Lösung)

$$E_t' = 1,0186 - 0,000038\,(t - 20) - 0,00000065\,(t - 20)^2 \text{ int. Volt}.$$

Bei den Messungen im Oktober 1899 wurde ein älterer Kompensator benutzt und die Kompensationsstromstärke zu 0,001 Amp. gewählt. Die hundertel Ohm in den Kompensationswiderständen wurden hierbei durch Interpolation des Galvanometer-

[1]) Vgl. Jaeger und Kahle, *a. a. O. S. 170 u. 171.*

ausschlags erhalten. Vom November ab stand ein anderer Kompensator zur Verfügung, der mit einer Stromstärke von 0,0001 Amp. zu messen erlaubte, sodass die Nothwendigkeit der Interpolation wegfiel und die hunderttausendtel Volt unmittelbar an der Dekade von 0,1 Ohm im Kompensator abgelesen werden konnten.

Bei den an verschiedenen Tagen ausgeführten Beobachtungsreihen benutzte man nicht stets dieselben Normalelemente zur Einstellung des Kompensationsstromes; auch wurde kein Werth darauf gelegt, den letzteren genau auf den Betrag von 0,001 bezw. 0,0001 Amp. zu bringen. Man begnügte sich mit einer möglichst grossen Konstanz des Stromes, während der absolute Betrag um 0,01 bis 0,02 % vom Sollwerth abweichen konnte, da dies für das Verhältniss der elektromotorischen Kräfte beider Elementensorten und für die Differenzen der einzelnen Elemente vom Mittelwerth innerhalb derselben Beobachtungsreihe ohne jeden Belang ist. In Folge dessen sind aber die in der Spalte „Mittelwerth des Kompensationswiderstandes" aufgeführten Zahlen für die verschiedenen Beobachtungsreihen derselben Elementengattung nicht streng vergleichbar, sodass aus dem Grad ihrer Uebereinstimmung kein Schluss auf die Konstanz der Normalelemente während der ganzen, einen Monat dauernden Beobachtungsreihe oder auf die Grösse der zufälligen Beobachtungsfehler gezogen werden darf. Hierzu sind nur die für das Verhältniss Cl 15° : Cd 20° (bezw. Cl 0° : Cd 20° nach dem Konstantwerden) erhaltenen Werthe geeignet (Tab. 2).

Wie man sieht, ist die erreichte Genauigkeit und die Konstanz der Elemente eine sehr hohe; so ist die *grösste Abweichung der für das Verhältniss* Cl 15° : Cd 20° *gefundenen Zahlen von ihrem Mittel nur 0,002 %.*

Von besonderer Wichtigkeit ist die hervorragend gute Uebereinstimmung der Elemente a_1 bis a_{17} untereinander: *Die grösste Abweichung zweier Elemente beträgt 0,00003 Volt.* Dies übertrifft noch beträchtlich die innere Uebereinstimmung der früher hergestellten Kadmium-Elemente (mit 14,3 %-igem Amalgam), was wahrscheinlich mit den bei diesem Amalgam in tieferen Temperaturen manchmal auftretenden Unregelmässigkeiten zusammenhängt. Die Einführung des 13 %-igen Amalgams scheint sich also, ganz abgesehen von den weiter unten zu besprechenden Vorzügen, als ein grosser Fortschritt zu erweisen. Aber auch die älteren Kadmium-Elemente stimmen nicht nur unter einander, sondern auch mit den neuen Elementen recht befriedigend überein. Im nächsten Abschnitt dieser Abhandlung bietet sich Gelegenheit, an der Hand eines sehr viel grösseren Beobachtungsmaterials hierauf eingehend zurückzukommen.

Für die Clark-Elemente sei nur noch auf die auffallende Thatsache hingewiesen, dass es *längere Zeit* (etwa 2 Tage) dauert, bis sie bei 0° einen konstanten Werth angenommen haben; dagegen haben sie schon einen Tag nach dem Herausnehmen aus dem Eis die ihrer Temperatur zukommende elektromotorische Kraft, sodass also bei 0° vielleicht Umwandlungserscheinungen im Zink-Amalgam auftreten — ähnlich wie bei Kadmium-Elementen mit 14,3 %-igem Amalgam, wenn auch in weit geringerem Maasse — worauf auch Hr. Cohen *a. a. O.* kürzlich hingewiesen hat.

Das hauptsächliche Zahlenergebniss der Messungen im Jahre 1899 ist folgendes:

$$\text{Cl } 15^\circ : \text{Cd } 20^\circ = 1{,}40679,$$
$$\text{Cl } 0^\circ : \text{Cd } 20^\circ = 1{,}42283;$$

hieraus berechnet sich

$$\text{Cl } 0^\circ - \text{Cl } 15^\circ = 0{,}01634 \text{ Volt.}$$

Die Zahlen für die Verhältnisse der elektromotorischen Kräfte wurden erhalten, indem man die in den Tab. 1 und 2 zu der gleichen Reihe gehörigen Mittelwerthe

der Kompensationswiderstände in einander dividirte. Die in Tab. 2 eingeklammerten Zahlen für das Verhältniss Cl 0°: Cd 20° sind bei dem obigen Mittelwerth aus dem bereits erwähnten Grund nicht berücksichtigt. Eine Zusammenstellung der zu anderen Zeiten erhaltenen Ergebnisse für das Verhältniss der beiden Elementengattungen befindet sich im Abschnitt IV.

Es seien nun noch die Messungen an den Elementen A_1 bis A_5 mit verdünnter Lösung mitgetheilt.

Zeit 1899	Abweichung vom Mittelwerth in 10^{-5} Volt (Element minus Mittel)					Mittlerer Kompensationswiderstand in Ohm	bei
	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5		
12. X.	-8_5	-1_5	$+2_5$	$+4$	$+3$	$1018{,}97_5$	18,5°
13. X.	-8_5	-1_5	$+2_5$	$+4_5$	$+2_5$	$1018{,}97_5$	18,3°
19. X.	-8_5	-1_5	$+2_5$	$+4_5$	$+3_5$	$1018{,}98_5$	18,0°

Durch Vergleichung mit den entsprechenden Kompensationswiderständen für die Kadmium-Elemente in Tab. 1 findet man, dass die obigen Elemente A_1 bis A_5 bei den drei Messungsreihen eine um

$0{,}00046_5$
45_5
44_5
im Mittel 0,00045 Volt

höhere elektromotorische Kraft besassen, als die Kadmium-Elemente mit gesättigter Lösung bei 20° C., in guter Uebereinstimmung mit den Angaben von Jaeger und Kahle *(a. a. O. S. 162 Anmerkg.)*. Die Abweichungen der Elemente A_1 bis A_5 untereinander, die zu derselben Zeit und aus denselben Materialien wie die Elemente a_1 bis a_{17} hergestellt wurden, sind grösser, wie die der letzteren. Ein Jahr später sind die Unterschiede der Elemente A_1 bis A_5 noch beträchtlicher (vgl. Tab. 4), sodass für Messungen, welche die höchste zur Zeit erreichbare Genauigkeit anstreben, Elemente mit gesättigter Lösung vorzuziehen sind.

II. Messungen an älteren Elementen im Jahre 1900.

Die folgenden Messungen sind z. Th. veranlasst durch die eingangs erwähnten Veröffentlichungen des Hrn. E. Cohen (vgl. *S. 34*) über die angebliche Unbrauchbarkeit des Kadmium-Elementes als Normalelement. Die von ihm beobachteten Unregelmässigkeiten beziehen sich *nur auf Elemente mit Kadmiumamalgam von 14,3% Kadmium-Gehalt.* Wir vermutheten, dass die im vorigen Abschnitt beschriebenen Elemente vom Juni 1899 mit 13%-igem Amalgam diese Abweichungen nicht zeigen würden. Bei den Elementen mit 14,3%-igem Amalgam war von Seiten der Reichsanstalt *schon im Jahre 1896* auf die Abweichungen hingewiesen worden, welche diese Elemente in der Nähe von 0° zeigen[1]); es war aber durch gleichzeitige Untersuchungen festgestellt worden[2]), dass auch diese Elemente von etwa + 10° an als Normalelemente brauchbar sind.

[1]) Jaeger und Wachsmuth, *Wied. Ann.* **59.** *S. 583. 1896.*

[2]) Erst kürzlich veröffentlicht, vgl. Jaeger, *diese Zeitschr.* **20.** *S. 317. 1900; Ann. d. Physik* **4.** *S. 123. 1901.*

Die Messungen mit den Normal-Elementen sollten deshalb diesmal in einem grösseren Umfang vorgenommen werden, als die vorjährigen, um besonders auch das Verhalten der Elemente bei tieferen Temperaturen (zwischen 0° und + 10°) nochmals zu prüfen. Hiermit sollte verbunden werden eine Kontrole der in den früheren Veröffentlichungen der Reichsanstalt für die Clark- und Kadmium-Elemente mitgetheilten Temperaturformeln, sowie des Verhältnisses der elektromotorischen Kräfte beider Elementensorten. Das Verhalten der Kadmium-Elemente mit 14,3%-igem Amalgam war nochmals in den Bereich der Untersuchungen zu ziehen und gleichzeitig das Verhalten aller Elemente in Bezug auf thermische Nachwirkung, die besonders bei den Clark-Elementen z. Th. grosse Werthe erreicht, zu studiren.

Als Normal der elektromotorischen Kraft diente bei diesen Messungen der Mittelwerth aus den elektromotorischen Kräften der fünf mit a_6 bis a_{10} bezeichneten Kadmium-Elemente mit gesättigter Lösung und 13%-igem Amalgam, hergestellt im Juni 1899. Diese wurden während der folgenden Messungen stets auf Zimmertemperatur gehalten.

Die anderen Elemente, welche auf verschiedene Temperaturen zwischen 0° und 30° gebracht wurden, waren die folgenden:

I) Eine Gruppe von 12 Kadmium-Elementen mit 13%-igem Amalgam und gesättigter Lösung; hierzu wurden gewählt 12 der im Juni 1899 hergestellten Elemente, nämlich a_1 bis a_5 und a_{11} bis a_{17}.

II) Eine Gruppe von 8 älteren Kadmium-Elementen mit 14,3%-igem Amalgam und gesättigter Lösung, und zwar Nr. 341, 354, 361, 363, 364 und 368 aus dem Jahre 1894, Nr. 378 von 1896[1]) und Element *O* von 1897.

III) Eine Gruppe von 5 Kadmium-Elementen mit 13%-igem Amalgam und bei + 4° gesättigter Lösung, nämlich die im Juni 1899 hergestellten Elemente A_1 bis A_5.

IV) Eine Gruppe von 6 Clark-Elementen, nämlich die im Juni 1899 hergestellten Elemente m_2, m_3, m_4 und m_8, ferner Nr. 60 vom Juli 1892 und C_I (vgl. hierzu *S. 35*),

im Ganzen also 31 Elemente.

Von den hier benutzten älteren Kadmium-Elementen mit 14,3%-igem Amalgam war aus früheren Untersuchungen bekannt[2]), dass sie z. Th. in tieferen Temperaturen abweichende Werthe ergaben; diese Elemente zeigten damals bei 0° um die folgenden Beträge *höher* als der normale Mittelwerth:

Nr.	354	361	363	364	368
um	1,3	0,3	0,9	0,3	1,1 Millivolt,

während Nr. 378 als normal befunden war (Abweichung innerhalb 2 Zehntausendtel). Die Elemente Nr. 341 und *O* sind damals nicht mitgemessen worden.

Diese 31 Elemente waren in einem gemeinsamen Petroleumbad montirt, das auf verschiedene Temperaturen gebracht werden konnte.

Versuchsanordnung.

Um eine so grosse Anzahl von Elementen zugleich auf die gewünschte Temperatur zu bringen und diese längere Zeit konstant halten zu können, musste ein Behälter von genügend grossen Dimensionen eingerichtet werden.

[1]) *Diese Zeitschr.* **18.** *S. 164. 1898.*

[2]) *Diese Zeitschr.* **20.** *S. 320. 1900.*

Hierzu diente der Zinkkasten *a a* (Fig. 1) mit einer Grundfläche von 32 × 45 *cm* und etwa 18 *cm* Höhe; bei den Messungen war er mit etwa 18 Liter Petroleum bis zur Linie *p p* gefüllt, in das die Elemente, die am oberen Ende mit Siegellack verschlossen waren, völlig eintauchten. An zwei diagonal gegenüberliegenden Ecken des Kastens waren Turbinen-Rührer angebracht, die unten mit langen horizontalen Ansatzröhren versehen waren und durch einen Elektromotor von aussen angetrieben wurden.

Die Elemente standen, um bessere Temperaturverhältnisse zu erzielen und um sie bequemer montiren zu können, auf einem Zinkblech *b b*, das durch Messingstangen *c c* mit dem übergreifenden Deckel *d d* des Kastens verschraubt war und auf diese Weise

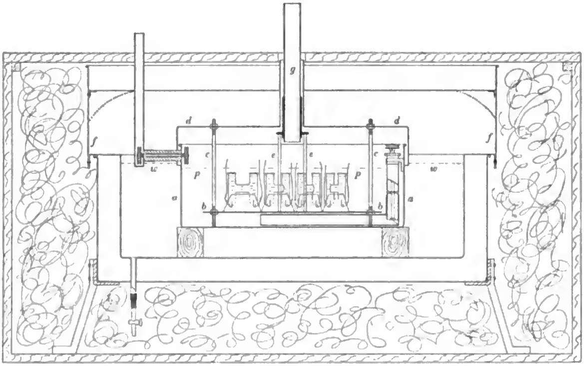


Fig. 1 (1/3 nat. Gr.).

mit dem Deckel gleichzeitig aufgehoben werden konnte; die unteren Enden der Stangen *c* ruhten auf dem Boden des Zinkkastens. Diese Einrichtung ermöglichte es, die Elemente bequem an die Zuleitungsdrähte anzulöthen, ehe sie in den Zinkkasten eingesetzt wurden.

Die von den Elementen ausgehenden Drähte waren durch ein Glasrohr *g* nach aussen geführt; aus der Figur ist ersichtlich, in welcher Weise dieses mittels einer von drei Messingstangen *e* (die dritte in Fig. 1 nicht gezeichnet) getragenen Hülse, in die es eingekittet war, mit dem Zinkblech *b b* in fester Verbindung stand. Der Deckel *d* trug eine das Glasrohr *g* mit Spielraum umschliessende Manschette.

Um die Zahl der nach aussen führenden Drähte zu vermindern, wurden die negativen Pole aller Kadmium-Elemente und ebenso die aller Clark-Elemente verbunden; die beiden negativen Poldrähte, die von den übrigen Drähten durch Glasröhrchen noch besonders isolirt waren, führten nach einem Umschalter, der mit der negativen Messklemme des Kompensationsapparates in Verbindung stand. Die positiven Pole der Elemente waren durch gesonderte Drähte mit den Klemmen eines vielpoligen Umschalters verbunden, der an die positive Klemme des Kompensations-

apparates angeschlossen war (in Betreff dieses Kompensationsapparates vgl. *S. 35*). Alle Drähte waren doppelt mit Seide umsponnen und mit Schellacklösung getränkt; die Isolation derselben wurde als vollkommen ausreichend befunden. Das obere Ende des Glasrohres *g* war zur Vermeidung von Luftströmungen dicht abgeschlossen.

Die Temperatur des Petroleums im Kasten *a a'* wurde mit zwei Thermoelementen aus Eisen-Konstantan gemessen, die an zwei diagonal gegenüberliegenden Stangen *c* befestigt waren.

Der Zinkbehälter *a* stand auf Holzklötzen in einem grösseren, in der unteren Hälfte doppelwandigen Blechkasten *ff* von 72×72 *cm* Bodenfläche und etwa 40 *cm* Höhe. Dieser Kasten wurde mit Eis oder verschieden temperirtem Wasser gefüllt, dessen Temperatur durch Nachgiessen von warmem Wasser bezw. Einwerfen von Eisstücken bei den grossen Flüssigkeitsmassen leicht konstant gehalten werden konnte. Durch einen zweitheiligen eisernen Deckel mit entsprechenden Aussparungen war der Kasten nach oben abgeschlossen. Zum besseren Wärmeschutz war er noch von einer mit Holzwolle gefüllten Umkleidung umgeben und in einem Abstand von etwa 7 *cm* vom Deckel des Kastens *f* durch dicke Holzbretter abgedeckt.

Für die Versuche bei 0° wurde das Eis im Kasten *f* bis zum Deckel aufgehäuft (in der Figur durch Punkte angedeutet), bei den anderen Temperaturen reichte das Wasser etwa bis zur Linie *ww*.

Ausführung der Messungen.

Der 0,1 Milliampere betragende Messstrom des Kompensationsapparates wurde mit dem auf Zimmertemperatur befindlichen Kadmium-Element a_{10} auf halbe Hunderttausendtel seines Werthes nach der auf *S. 38* mitgetheilten Formel eingestellt. Der bei diesen Versuchen benutzte Akkumulator blieb wochenlang mit dieser Stromstärke geschlossen, wodurch es erreicht wurde, dass während einer etwa eine halbe Stunde dauernden Versuchsreihe die Stromstärke sich höchstens um ein Hunderttausendtel ihres Betrages änderte. Dieser Aenderung wurde durch mehrfache Kontrole der Einstellung im Verlauf der Reihe Rechnung getragen, sodass ein Hunderttausendtel Messgenauigkeit sicher verbürgt werden kann. Die Empfindlichkeit des benutzten du Bois-Rubens'schen Galvanometers war derart, dass einem hunderttausendtel Volt des zu messenden Elements etwa 3 *mm* Ausschlag entsprachen.

Die übrigen mit a_{10} in einem besonderen Petroleumbad auf Zimmertemperatur befindlichen Elemente a_6 bis a_9 zeigten stets bis auf wenige Hunderttausendtel die gleiche elektromotorische Kraft wie a_{10} (s. Tab. 3), sodass auch der Mittelwerth der 5 Elemente a_6 bis a_{10} nie mehr als 2 Hunderttausendtel von dem mit a_{10} eingestellten Werth abweicht. Um von zufälligen Fehlern bei der Einstellung möglichst unabhängig zu werden, wurde dieser *Mittelwerth der Elemente a_6 bis a_{10} der Berechnung aller Endresultate als Normalwerth zu Grunde gelegt* (vgl. weiter unten).

Die in den Tab. 3 und 4 angegebenen *unmittelbaren Beobachtungszahlen* stellen unter der Annahme, dass die elektromotorische Kraft des Elements a_{10} genau dem Formelwerth entspricht, die absoluten Werthe der betreffenden Elemente in int. Volt dar. Für die Kadmium-Elemente brauchten keine Korrektionen wegen der Widerstände des Kompensationsapparates angebracht zu werden, für die Clark-Elemente betrug die Korrektion etwa $^4/_{100000}$ der elektromotorischen Kraft.

Tabelle 3: Kadmium-Elemente a_6 bis a_{10} bei Zimmertemperatur (13%-iges Amalgam, gesättigte Lösung).

Reihe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Temp.	17,66	17,66	17,65	19,0	17,6	17,8	18,0	17,8	16,5	16,4	16,6	16,2	16,4	16,2
a_{10}	1,01 868	—	868	864	869	868	867	868	872_5	873	872	874	873	874
a_9	867	867	868	865	869	868	866_5	867	872	873	872	873	872_5	873
a_8	869_5	—	869_5	865	870	869	868	868_5	874	875	874	876	875	875
a_7	871	871	871	866_5	872	870	869_5	870	876	877	876	878	877	878
a_6	871	—	871	866	871_5	870	869	870	876	877	876	878	877	875
Mittel	1,01 869_3	869_0	869_5	865_3	870_3	869_0	868_0	868_7	874_1	875_0	874_9	875_8	874_9	875_0
auf 20° C. reduzirt	1,01 860_8	860_5	861_0	861_6	861_6	861_0	860_7	860_7	861_6	862_1	861_9	862_2	862_0	861_5

Reihe	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Temp.	16,6	16,9	16,5	17,0	16,4	16,5	16,6	16,3	16,9	16,4	16,5	17,3	18,4	17,8
a_{10}	1,01 872	871	872_5	871	873	872_5	872	873	871	873	872_5	870	866	868
a_9	871	871	872	870	872	871	871_5	871_5	870	872	871_5	869	865	866
a_8	873	872	873_5	872	874	873	873_5	874	871_5	873_5	873_5	870	866	868
a_7	876	875	876	874	876_5	876	876	876	874	876	875_5	872	868	870
a_6	875	874	876	874	876	875	876	876	873_5	875_5	875	871_5	867	869_5
Mittel	1,01 873_4	872_6	874_0	872_2	874_3	873_5	873_8	874_1	872_0	874_0	873_6	870_5	866_4	868_3
auf 20° C. reduzirt	1,01 861_3	861_5	861_5	861_4	861_4	861_0	861_7	860_9	860_9	861_1	861_1	860_8	860_5	860_3

Reihe	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
Temp.	17,1	18,3	19,0	18,8	17,2	17,4	16,6	16,7	16,7	17,5	18,2	18,9	19,5	18,2
a_{10}	1,01 870	866	864	864_5	870	869_5	872	872	872	869	866_5	864	862	866_5
a_9	869	864	862_5	863	868	867_5	869	871	870_5	868	865	862_5	861	865_5
a_8	870	865	864	864	869_5	869_5	871_5	873_5	872_5	869	866	863_5	861_5	866
a_7	872	867	865	865_5	871	871	874	874_5	874_5	871	868	864_5	862_5	868
a_6	872	867	865	865	871	870_5	873_5	875	874_5	871	868	864_5	862_5	867_5
Mittel	1,01 870_6	865_8	864_1	864_4	869_9	869_6	872_0	873_2	872_8	869_6	866_7	863_8	861_9	866_7
auf 20° C. reduzirt	1,01 860_1	859_6	860_4	860_0	859_8	860_2	859_9	861_4	861_0	860_6	860_1	859_7	860_1	860_1

Reihe	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
Temp.	18,1	18,4	19,6	18,8	18,3	19,3	19,2	18,0	17,4	17,8	18,1	17,2	$17,9_5$	19,8
a_{10}	1,01 867	866	861_5	864_5	866	862_5	863	867	869_5	868	867	870	867_5	860_5
a_9	864	864	859_5	863	865	861	862	865_5	868_5	867_5	866_5	868_5	866_5	859
a_8	866	865	861	863	866	862	862	866_5	870	868_5	868	870_5	867_5	859_5
a_7	868	867	862	865	867	861_5	863	868	872	870_5	869_5	872_5	869_5	861
a_6	868	867	862	865	867	862_5	862_5	868	872	870_5	869	872_5	869	861
Mittel	1,01 866_6	865_8	861_2	864_1	866_2	861_9	862_5	867_0	870_4	869_0	868_0	870_8	868_0	860_3
auf 20° C. reduzirt	1,01 859_7	859_9	859_7	859_7	860_0	859_3	859_5	859_7	861_0	861_0	861_1	860_7	860_5	859_4

Tabelle 4.

Reihe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Zeit	15. IX. 00 1^h 00	15. IX. 2^h 45	17. IX. 12^h 45	1. X. 5^h 25	2. X. 7^h 55	2. X. 11^h 30	2. X. 2^h 35	3. X. 11^h 53	4. X. 1^h 00	5. X. 1^h 10	6. X. 2^h 00	7. X. 9^h 40	8. X. 12^h 00	9. X. 8^h 40
Temp.	17,66	17,66	17,65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aendrg. in 0,01°														

I. Neue Kadmium-Elemente (13 %-iges Amalgam, gesättigte Lösung).

a_1	1,01 872	872	872	894	898	894	895	895	897	898_5	898	899	898	899
a_2	872	—	872	894	898	894	895	896	898	900_5	900	902	901	902
a_3	871_5	871_5	871_5	898	904	902	902_5	900_5	901	902	901	902	901	901_5
a_4	872	—	872	894_5	898	894	895	895	896	897_5	897	898_5	898	899
a_5	870	870	869_5	876	878	873	875	879_5	884	887	888	890	890	891
a_{11}	872	872	872	889	896	893	892	892	895	895_5	895	896	896	896_5
a_{12}	871	872	871	886	892	888	888	888	891	892_5	893	894	894_5	895
a_{13}	871	871	870	887_5	891	887	887	887	890	891	891	893	893	894
a_{14}	870	870	869	882	886	882	882	884	889	890	891	892	893	894
a_{15}	871	871	870_5	889_5	893_5	890	890	889_5	893	893	893	894	893_5	894
a_{16}	870	870	870	885	889	886	885	886_5	890	892	892	894	894	895
a_{17}	870	870	869_5	883	884	880	879_5	881	885	886	887	889_5	889	890
Mittel	1,01 871_0	871_0	870_8	888_2	892_3	888_6	888_8	889_5	892_4	893_6	893_8	895_3	895_1	895_9
Reduz.	1,01 870_2	870_5	869_8	886_6	890_7	887_6	888_1	888_8	890_8	891_7	891_9	893_0	893_1	894_4

II. Alte Kadmium-Elemente (14,3 %-iges Amalgam, gesättigte Lösung).

341	1,01 875_5	875	875	894	908	911	911	912	917	920	921	920	921	920
354	881	881	881	[2066	2149	2187	2185	2159	2139	2132	2123	2119	2113	2111]
361	869	869	869	930	942	944	945	942_5	946	948	948	950	949	950
363	881	881	880_5	941	973	987	983	973	965	963	959	954	953	952
364	874	874	873_5	895	901	899	898	896_5	901	903	903	904	905	907
368	887_5	—	887_5	[917	991	2015	2017	2031	2043	2050	2055	2057	2059	2064]
378	869	869	868	944_5	905	907	904	890	887	886	884_5	886	884_5	887
O	880_5	880	880_5	907	917	918	920	919	920_5	921_5	921_5	923	922	923
Mittel	1,01 877_2	875_6	876_9	918_6	924_3	927_7	926_8	922_2	922_7	923_6	922_8	922_8	922_4	923_2
Reduz.	1,01 876_4	875_1	875_9	917_0	922_7	926_7	926_1	921_5	921_1	921_5	920_9	920_5	920_4	921_7

III. Neue Kadmium-Elemente (13 %-iges Amalgam, verdünnte Lösung).

A_1	1,01 876_5	876	876_5	868	867	862	862	863	864	866	865_5	867	866	867
A_2	884	884	883_5	870	870	864	865	865	867	868_5	868	869_5	869	870
A_3	886	885	885	873	874	872	872	871	873	876	876	878	877	879
A_4	897	897	896_5	892	888	884	884	882_5	884	885	884_5	886	885	886
A_5	893	893	892	865	877	874	875	877	879	880	879_5	881	881	881_5
Mittel	1,01 887_2	887_0	886_7	873_6	875_2	871_2	871_6	871_7	873_4	875_1	874_7	876_3	875_6	876_7
Reduz.	1,01 886_5	886_5	885_7	872_0	873_6	870_2	870_9	871_0	871_8	873_0	872_8	874_0	873_6	875_2

IV. Clark'sche Elemente.

m_2	1,4 2980	2980	2980	4045	4705	4906	4935	4948	4947	4938	4938	4940_5	4940	4940_5
m_3	979_5	978_5	980	4036	693_5	896	924	942_5	948	937	937	939	939	940
m_4	979	979	979_5	4030	690	885	918	941_5	947_5	937	937	939	938	938_5
m_8	982_5	982_5	985	3921	702	890	928	950	952_5	943	941	942	942	941
60	965	964	963_5	4051	692	895	921	930	922	919	918	919	915	918
C_I	987_5	986_5	989	3960	705	909	940	952_5	958	958	958	959	955	951
Mittel	1,4 2978_9	2978_4	2979_2	4007_2	4697_9	4896_8	4927_7	4944_1	4945_8	4938_7	4938_2	4939_7	4938_2	4938_2
Reduz.	1,4 2977_8	977_7	978_1	004_9	695_6	895_4	926_7	943_1	943_2	935_7	935_5	936_4	935_4	936_2

Tabelle 4.

Reihe	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Zeit	9. X. 00 1^h 30	9. X. 8^h 00	10. X. 10^h 00	10. X. 2^h 40	11. X. 12^h 06	11. X. 2^h 40	12. X. 1^h 48	13. X. 12^h 03	13. X. 2^h 58	14. X. 2^h 50	15. X. 1^h 00	16. X. 11^h 30	16. X. 2^h 58	17. X. 12^h 35
Temp.	9,09	9,57	11,22	11,73	13,30	16,50	16,18	15,95	19,67	17,82	17,38	23,83	23,59	22,96
Aendrg. in 0,01°	− 39	+ 11	+ 8	+ 2_5	+ 4_5	+ 13	+ 3	− 0_5	− 1	− 2	− 1	− 9	− 8	− 10

I. Neue Kadmium-Elemente (13%-iges Amalgam, gesättigte Lösung.)

a_1	1,01 895_5	894	892_5	890_5	888	878	879	879_5	866	872_5	874	847	847	850
a_2	896_5	895	893	891	888	878	879	879_5	866_5	873	874	847	847	849
a_3	894	893	892	890	887	877	878	879	865_5	872	873	846	846_5	849
a_4	894	893	892	890	887	877_5	879	879	866	872_5	873_5	846	847	849
a_5	892_5	892	891	889	886	877	878	878	865	871	872	846	846_5	848
a_{11}	896	895_5	893	891	888	880	880	880	867	873_5	874	848	848	851
a_{12}	894	894	892_5	890_5	887	879	879	879	865_5	872_5	873	847	846_5	850
a_{13}	893	893_5	891_5	890	887	878	878_5	878_5	865	872	873	846	846	849
a_{14}	894	894_5	892	890	887	878	879	878_5	865	872	873	846	846	849
a_{15}	892_5	893	891	889	886_5	877_5	878	878	865	872	872_5	846	846	849
a_{16}	893_5	894	891_5	890	887	877_5	878	878_5	865	872	873	845	846	849
a_{17}	892	892_5	891	889	886	877	878	879_5	865	872	873	846	846	849
Mittel	1,01 894_0	893_7	891_9	890_0	887_0	877_9	878_6	878_9	865_5	872_2	873_2	846_3	846_5	849_2
Reduz.	1,01 892_7	892_3	890_4	888_6	885_6	876_9	876_9	878_0	864_6	871_1	872_1	845_5	846_0	848_9

II. Alte Kadmium-Elemente (14,3%-iges Amalgam, gesättigte Lösung).

341	1,01 890	892	891_5	890	887_5	882	882	882	873	877	876_5	859	857	859
354	915	917	908	904	899	887	888	889	875	882	882	854_5	855	857
361	917	918	911_5	908	901	884	888	887_5	863_5	877_5	879	839_5	842	848_5
363	903	904	901_5	900	897	886	888	888	874	882	883	855	855	859
364	891	893	890_5	888_5	885	875	877	877	863	870	871	844_5	845	848
368	947	944_5	931	926	915	905	899	899	885_5	889	890	863	860	864
378	841	865	874	873_5	877	851	873	880	849	876	879	826	836	849
O	904_5	905	903	901	897_5	885_5	888	889	873	882	882_5	855	854_5	858
Mittel	1,01 901_1	904_8	901_4	898_9	894_9	881_9	885_4	886_4	869_5	879_4	880_4	849_6	850_6	855_3
Reduz.	1,01 899_8	903_3	899_9	897_5	893_5	880_9	883_7	885_5	868_6	878_3	879_3	848_8	850_1	855_0

III. Neue Kadmium-Elemente (13%-iges Amalgam, verdünnte Lösung).

A_1	1,01 874	875	877	876_5	877_5	877_5	878	877	878	876_5	876	874_5	875	874
A_2	877	880	882	882	883	881	883	883	883	883	882	880	881	881_5
A_3	879	882	884_5	884	885	882	886	886	884_5	886	884	881_5	882	883_5
A_4	886_5	891_5	895	894_5	896_5	894	898	897_5	896	898	897	894	894_5	895
A_5	882_5	886	889	885	891	888	893	893	891_5	893	892	890	890	891_5
Mittel	1,01 879_8	882_9	885_5	884_4	886_6	884_5	887_6	887_2	886_6	887_3	886_4	884_0	884_5	885_1
Reduz.	1,01 878_5	881_4	884_0	883_3	885_2	883_5	885_9	886_4	885_7	886_2	885_1	883_2	884_0	884_8

IV. Clark'sche Elemente.

m_2	1,4 3980	3921	3730	3670	3493	3119	3154	3182	2734	2957	3007_5	2194	2224	2305
m_3	993_5	928	734	673	493_5	123	153	181	735	956	3006	198_5	226	305_5
m_4	995	928	734	673	494	126	153	181	738	955_5	3005	201	227	305
m_8	994_5	927	734	674	495_5	134	153_5	181	781	969	3009	[291]	[312]	[372]
60	950	901	711_5	652	475	100	135	162	714	940	2989_5	174_5	205	289
C_I	959	917_5	726	665	491	126_5	160_5	184	776	959	2991	[269]	[292]	[335]
Mittel	1,4 3978_7	3920_4	3728_2	3667_8	3490_3	3121_4	3151_5	3178_5	2746_3	2956_4	3001_3	2192_0	2220_5	2301_1
Reduz.	1,4 3976_9	918_3	726_1	665_8	488_3	120_0	149_1	177_2	745_0	954_6	2999_8	190_9	219_8	300_7

Tabelle 4.

Reihe	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
Zeit	18. X. 00 8^h 25	18. X. 12^h 10	18. X. 2^h 45	19. X 2^h 00	20. X. 10^h 40	20. X. 1^h 55	21. X. 12^h 20	22. X. 2^h 20	23. X. 12^h 20	24. X. 12^h 30	25. X. 1^h 35	26. X. 12^h 15	27. X. 2^h 20	28. X. 10^h 20
Temp.	20,17	29,96	29,94	19,76	18,68	15,28	15,79	0	0	0	0	0	0	0
Aendrg. in 0,01°	-5_5	$+10_5$ -10_5	$+0_5$ -1_5	−2	−2	0	-1_5							

I. Neue Kadmium-Elemente (13%-iges Amalgam, gesättigte Lösung).

Reihe	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
a_1	—	814	815	860_5	865	876	876	893	894	893_5	893	892_5	893	894
a_2	—	814	815	860	864	875	876	891	894	895	896	896_5	898	900
a_3	—	813	814	860	—	875	875	905	904	900	898	897	896	896
a_4	—	813_5	814	861	—	876	876	893	895	894	893_5	893_5	894	895
a_5	—	813	813	858_5	—	873	875	876	879	880	881_5	881_5	883	884
a_{11}	—	815	816	861	—	876	876	892	891	890	890	889_5	891	892
a_{12}	—	817	817_5	860	—	874	875	887	887	886_5	887	886_5	888	889_5
a_{13}	—	814	815	860	—	874_5	875	886_5	886	885_5	886	885_5	887	888
a_{14}	—	813_5	815	859	—	872	873	878	879	881	882	882_5	885	886
a_{15}	1,01 861	813_5	814	859_5	864_5	874	874_5	886	887	887	887	886_5	888	889
a_{16}	861_5	813	814	859_5	864_5	873	874_5	880	881	883	885	885	887	888_5
a_{17}	861_5	814_5	815	859	864	872_5	874	877	877_5	878	879	879_5	881_5	883
Mittel	1,01 861_2	814_0	814_8	859_8	864_4	874_2	875_0	887_0	887_9	887_8	888_2	888_0	889_3	890_4
Reduz.	1,01 861_2	814_4	814_4	859_8	864_6	874_0	875_1	885_6	886_9	887_2	888_1	888_3	889_2	890_3

II. Alte Kadmium-Elemente (14,3%-iges Amalgam, gesättigte Lösung).

Reihe	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
341	1,01 868	831_5	831_5	862	869	874	879	887	1891	1895	1901	1904	1909_5	1912
354	—	822	820	870	—	887	888	[982	2043	2059	2061	2060_5	2058	2057]
361	872	805	808	893	895	915_5	908	960	1949	1944_5	1942	1941	1942	1943
363	—	821_5	823	871	—	886	888	919	935	945	951	948_5	951	950_5
364	—	814	814	859	—	874	874_5	898	897	896	898	899_5	902_5	905
368	—	828	827	868	—	883_5	886	[919	936	948	955	961_5	970	975]
378	873	784_5	797	883	880_5	899	888	935	900	893	888	887	887	887
O	871	819_5	821	870	874_5	886	887	924	925	921	919	919	920	919
Mittel	1,01 871_0	815_7	817_7	872_0	879_7	888_1	887_3	920_5	916_2	915_7	916_5	916_5	918_2	919_4
Reduz.	1,01 870_9	816_1	817_3	872_0	879_9	887_9	887_4	919_1	915_2	915_1	916_4	916_8	918_1	919_3

III. Neue Kadmium-Elemente (13%-iges Amalgam, verdünnte Lösung).

Reihe	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
A_1	—	874	874	872_5	—	871	874	856	862	862	861	860_5	860_5	861
A_2	—	880	881	881	—	879	880	861	864	863	862_5	862	862_5	863_5
A_3	—	879	880	885	—	882	883	861	871	873	873	873_5	873	874
A_4	—	893_5	893	896	—	896	895	881	881	881	880	879_5	880	881
A_5	—	889	889	890	—	885	890	854	873	875	875_5	874	874	875
Mittel	—	883_1	883_4	884_9	—	882_6	884_4	862_6	870_2	870_8	870_4	869_9	870_0	870_9
Reduz.	—	883_3	883_0	884_9	—	882_4	884_5	861_2	869_2	870_2	870_3	870_2	869_9	870_8

IV. Clark'sche Elemente.

Reihe	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
m_2	1,4 2663_5	1356	1359	2703	2845	3248	3205	4861	4954	4953_5	4947	4941	4928	4930
m_3	662	362	363	700	816	246	206	848	939	951	949	943_5	932	934_5
m_4	661	366	365	694	843_5	241	205_5	828	942	951	950	945	933	935
m_8	679_5	[523]	[522]	693_5	818_5	173	141	849	951	956	953_5	948_5	935	936
60	649	344	344_5	700	836	246_5	194	884	945	941_5	935	930_5	921	915
C_I	650	[464]	[466_5]	[625]	804_5	177	180	896	962	960	955_5	952_5	950_5	914
Mittel	1,4 2660_6	1357_0	1357_9	2698_1	2832_2	3221_9	3188_6	4861_0	4948_8	4952_4	4948_3	4913_5	4933_2	4932_4
Reduz.	1,4 2660_7	357_6	357_3	698_1	832_3	221_6	188_7	859_0	947_4	951_3	948_2	943_9	933_1	932_3

Tabelle 4.

Reihe	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
Zeit	29. X. 00 12^h 50	30. X. 11^h 40	31. X. 2^h 37	1. XI. 11^h 30	2. XI. 8^h 00	2. XI. 2^h 30	3. XI. 1^h 55	4. XI. 12^h 22	5. XI. 2^h 52	6. XI. 2^h 20	6. XI. 3^h 05	7. XI. 12^h 32	7. XI. 2^h 45	16. XI. 2^h 15
Temp.	0	0	0	0	0	5,26	5,06	18,73	17,16	6,86	7,01	3,08	4,27	17,44
Aendrg. in 0,01°						+ 17	− 10 -6_5	− 2 0	-2_5 + 1	− 2 + 8	− 6 + 4	− 1 + 10	$+6_5$	+ 2
I. Neue Kadmium-Elemente (13%-iges Amalgam, gesättigte Lösung).														
a_1	1,01 893	894	894	894	895	893_5	893	866_5	874	894_5	894	899	897_5	870_5
a_2	899_5	901	901	901_5	902	895_5	895	867	874_5	893	893_5	905	902	870_5
a_3	895	896	895_5	895	896	892	892	866	873_5	900	899	919	904	870
a_4	894	896	896	896	897	893_5	893	866_5	874_5	896	895	903_5	901	870_5
a_5	884	885_5	886	886	887_5	890_5	890	865_5	873	886	886_5	892	892	870
a_{11}	891	892	892	892	893	894	894	868	874_5	893	894	896	896	871
a_{12}	889	890	890_5	891	892	894	894	868	874_5	890	891_5	893_5	893_5	871_5
a_{13}	888	889	889	889	891	893_5	893	866	873_5	891_5	892_5	894	893	869_5
a_{14}	886	887_5	888	888	890	893	893	866	873	890_5	891_5	891	890	869_5
a_{15}	888	889_5	889_5	890	891	892	892	866	873	890_5	891_5	895	894	869
a_{16}	888	889	890	890	891	893_5	894	866	873	890_5	891	892_5	892	869
a_{17}	883	883	885	885	887	890	891	866	873	889	889_5	891	890_5	869
Mittel	1,01 889_9	891_0	891_4	891_5	892_7	892_3	892_8	866_5	873_7	892_3	892_5	897_6	895_5	870_0
Reduz.	1,01 890_4	891_1	891_7	891_8	892_7	893_6	893_3	866_8	872_7	891_0	891_4	896_9	895_0	870_6
II. Alte Kadmium-Elemente (14,3%-iges Amalgam, gesättigte Lösung).														
341	1,01 916	1920	1922	1923_5	1926	890	891	873	877	892	892	1927	1918	876
354	[2 051	2048	2046	2043	2037]	932_5	945	875	883	925	925_5	[2036]	[2013]	878_5
361	1 942	1943	1943	1944	1945	926	926	880	888	943	940	1952	1941	865_5
363	949	948	948	948	947	906_5	907	876	884	917	919	974_5	956	879_5
364	906_5	908	908	909	911	892	894	868	871	896_5	896	915	908	865
368	[979_5	982_5	987	989	990]	931	935	878	872_5	901	906	[935_5]	[926]	882
378	886	888	888	888	890	869	877_5	860_5	872	923	917	928	911	876
O	917_5	918_5	919	918_5	919	906_5	909	877	883	919_5	917	937	926_5	880
Mittel	1,01 919_5	920_9	921_3	921_8	923_3	906_7	910_6	873_4	878_8	915_0	914_1	938_9	926_7	875_2
Reduz.	1,01 919_8	921_0	921_6	922_1	923_3	907_4	911_1	873_7	877_8	915_0	913_0	938_2	926_3	875_9
III. Neue Kadmium-Elemente (13%-iges Amalgam, verdünnte Lösung).														
A_1	1,01 860	861	861	861	862	866_5	866_5	874_5	876	867	866	865	866	873
A_2	862	864	864	861	865	869_5	870_5	880	882	867	867	865	867	879
A_3	873_5	875_5	875_5	875_5	877	875_5	875	883	885	866	865	876	876	880_5
A_4	880	882	882	882	884	884_5	884_5	893_5	896	885	884	886_5	885	892_5
A_5	874	875_5	876	876	877	879_5	879_5	889	892	869	869_5	870_5	872	888
Mittel	1,01 869_9	871_6	871_7	871_7	873_0	875_1	875_2	884_0	886_2	870_8	870_4	872_6	873_2	882_6
Reduz.	1,01 870_2	871_7	872_0	872_0	873_0	875_8	875_7	884_3	885_2	869_8	869_2	871_9	872_7	883_2
IV. Clark'sche Elemente.														
m_2	1,4 4929	4930	4927	4929_5	4931	4384_5	4396	2842	3036	4170	4167	4598	4494_5	2993
m_3	933	933	930_5	932_5	934	392	401_5	846_5	036	160	160	590	490	2995
m_4	933_5	933_5	930_5	933	934	394	401_5	846	036	150_5	153	583	488	2995
m_8	934	934	931	933	931	392	402	850	023	[035	035	481_5	399]	3012
60	912	911_5	909	911	912	360	374_5	826	020	193_5	184_5	604	485	2975
C_I	936	934	930	932_5	934	367	393_5	866	029	[088	073_5	517	401_5]	3001
Mittel	1,4 4929_6	4929_3	4926_3	4928_6	4929_8	4381_6	4394_5	2846_1	3030_0	4168_3	4166_1	4593_7	4489_4	2995_2
Reduz.	1,4 4930_0	929_4	926_7	929_0	929_8	382_6	395_5	846_5	028_8	167_1	164_5	592_7	488_7	996_1

Die *Temperaturmessung* des Petroleumbades, in dem die 31 Elemente standen, wurde mittels der beiden bereits erwähnten Thermoelemente durch direkten Ausschlag des Galvanometers vorgenommen. Die in Glasröhren befestigten äusseren Löthstellen jedes Thermoelements befanden sich in einem anderen Petroleumbad, dessen Temperatur etwa auf die Höhe der zu messenden Temperatur gebracht wurde; man hatte dadurch immer nur mit kleinen Ausschlägen des Galvanometers zu arbeiten. Für die Versuche bei 0° standen die äusseren Löthstellen ebenfalls in Eis, bei den anderen Versuchen wurde die Temperatur des Bades, in dem sie sich dann befanden, mit einem gut verglichenen, in $^1/_{10}{}^0$ getheilten Einschluss-Thermometer auf $^1/_{100}{}^0$ gemessen.

Die Unsicherheit der Temperaturmessung in Folge der Inhomogenitätsströme in den Thermoelementen, die allerdings gemessen und berücksichtigt wurden, und wegen des herausragenden Fadens des Thermometers dürfte einige $^1/_{100}{}^0$ nicht übersteigen. Diese Genauigkeit ist für die Kadmium-Elemente ohne Weiteres ausreichend und für die Clark-Elemente ebenfalls, wenn man berücksichtigt, dass bei diesen Elementen durch die thermischen Nachwirkungserscheinungen viel grössere Ungenauigkeiten bedingt werden, als einige Hunderttausendtel, die der erwähnten Temperaturunsicherheit entsprechen. Auch werden die durch die Temperaturunsicherheit bedingten zufälligen Fehler noch erheblich verringert durch die grosse Zahl der angestellten Versuche.

Die Empfindlichkeit der Thermoelemente bei verschiedenen Temperaturen wurde direkt durch den Ausschlag des hierbei benutzten Galvanometers (d'Arsonval'sches Galvanometer von Siemens & Halske mit 200 Ohm Widerstand) ausgewerthet, indem die beiden Löthstellen auf einen Temperaturunterschied von ungefähr 5° C. gebracht wurden.

Der einseitige Galvanometerausschlag betrug bei t^0 (Mitteltemperatur der beiden Löthstellen) für einen Grad Temperaturunterschied der Löthstellen zwischen 0° und 30° C.

$$15{,}11 + 0{,}014\, t \text{ Millimeter}$$ [1]).

(Fortsetzung folgt.)

Ueber ältere Porträtobjektive.

Von
Dr. **M. von Rohr** in Jena.

1. Das Petzval'sche Porträtobjektiv.

Im Frühjahr 1900 erhielt ich durch die liebenswürdige Vermittelung von Hrn. G. Aarland ein zweizölliges Porträtobjektiv nach Petzval'schem Typus, das aus der Voigtländer'schen Werkstatt stammte und die Nummer 3811 trug. Daraus liess sich ersehen, dass dies Exemplar vor der Zeit hergestellt war, da man photographische Farbenkorrektion an den Erzeugnissen jener Anstalt durchführte; nach der Ordnungsnummer kann man seine Fertigstellung etwa in den Anfang der 50-er Jahre verlegen.

---

[1]) Die Thermoelemente bestanden aus demselben Drahtmaterial, wie die in den *Wissensch. Abhandl. d. Reichsanstalt* **3.** *S. 308. 1900* beschriebenen. Die Empfindlichkeit derselben war dort zwischen 0° und 120° bestimmt zu

$$de/dt = 52{,}25 + 0{,}0560\, t - 0{,}000183\, t^2 \text{ Mikrovolt.}$$

Da der Widerstand des obigen Galvanometers von der Temperatur nur wenig abhängig ist, so müssen innerhalb des benutzten Temperaturbereichs die aus beiden Formeln berechneten Zahlen für jede Temperatur nahe proportional sein, was auch der Fall ist.

Da es sich nach diesen Ueberlegungen um ein Objektiv nach dem ältesten Typus zu handeln schien, so wurde hier eine genaue Nachmessung der Radien, Dicken und Abstände vorgenommen. Die für die Radien ermittelten Beträge zeigen eine recht befriedigende Uebereinstimmung mit den doppelten Werthen der von mir[1]) angegebenen Zahlen; sie weichen von ihnen in keinem Falle um mehr, meist um weniger, als um 0,9% ab. In Folge dessen schien es das Richtigste zu sein, zwar die durch das Zeugniss Fr. Voigtländer's sichergestellten Normalwerthe der Radien beizubehalten, indessen die Linsendicken und die Abstände nach dem vorliegenden Exemplar zu bestimmen, da ja hinsichtlich des letzten Abstandes eine gewisse Unsicherheit zweifellos bestand.

Die überraschendste Abweichung von den seiner Zeit angenommenen Werthen bestand nun darin, dass der grosse Abstand zwischen den beiden Kombinationen einen wesentlich kleineren Werth erhielt, sodass er auf etwa zwei Drittel des nach J. Petzval's Angaben $^1/_3$ der Brennweite des Vordersystems betragenden Zwischenraumes herabging. Er ist damit im Verhältniss noch etwas kleiner geworden als der des ersten Voigtländer'schen Objektivs, das seiner Zeit von Hrn. R. Steinheil[2]) einer Untersuchung unterzogen worden war. Der zweite Abstand zeigte ebenfalls eine Vergrösserung, doch war diese Thatsache an sich schon bekannt.

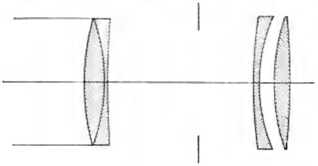


Fig. 1.
J. Petzval: Porträtobjektiv.
Reduzirt auf $f_D = 100$ mm. Durchgerechnet für 1:3,4 und $\omega = 15^0$.
Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimeter auf der Achse gemessen.

$r_1 = 55{,}9$	$d_1 = 4{,}7$	$r_4 = 110{,}6$	$d_3 = 1{,}5$
$r_2 = 43{,}7$	$d_2 = 0{,}8$	$r_5 = 38{,}9$	$b_3 = 3{,}3$
$r_3 = 460{,}4$	$b_1 = 21{,}0$	$r_6 = 48{,}0$	$d_4 = 3{,}6$
	$b_2 = 12{,}6$	$r_7 = 157{,}8$	

Glasarten n_D
$L_1 = L_4 = 1{,}517$
$L_2 = L_3 = 1{,}575$

Die Durchrechnung ergab eine kleine Verbesserung der sphärischen Korrektion, bei der die Maximalabweichung etwa den Werth von $-0{,}15$ *mm* erreicht; die Abweichungen von der Erfüllung der Sinusbedingung übersteigen den Werth von etwa $-0{,}1$ *mm* auf 100 *mm* Brennweite nicht. Ganz anders verhält sich aber dies System in Hinsicht auf den Korrektionszustand der schiefen Büschel: der Astigmatismus ist für einen objektseitigen Neigungswinkel von 8^0 bis 9^0 zum Verschwinden gebracht und erreicht auch bei 15^0 nur den Betrag von etwa 0,7 *mm*, während die Bildfeldkrümmung im übertragenen Sinne für 15^0 Neigung wenig über 2,0 *mm* Verschiebung der Mattscheibe fordert.

[1]) M. v. Rohr, Theorie u. Geschichte d. photogr. Objektivs. Berlin, J. Springer. *S. 250.*
[2]) J. M. Eder, Das erste Petzval'sche Portraitobjectiv. *Photogr. Corresp.* **36.** *S. 274. 1899*

Durch die Näherung der beiden Bestandtheile wurde die Brennweite verkürzt, doch blieb, wenn der Linsendurchmesser von Nr. 3811 zu Grunde gelegt wurde, der Werth des Oeffnungsverhältnisses unverändert 1 : 3,4.

Fassen wir Alles zusammen, so kommen wir zu folgendem Ergebniss: Das auf $f = 100$ *mm* reduzirte System weist die von J. Petzval ursprünglich angegebenen Radienverhältnisse auf. An den Abständen sind schon in der ersten Zeit (1840) auf dem Wege des Experimentes Aenderungen angebracht worden, die jedenfalls in derselben Richtung (Verkleinerung des grossen, Vergrösserung des kleinen Abstandes) lagen, wie sie an dem Exemplar Nr. 3811 festgestellt wurden. Dazu muss aber bemerkt werden, dass im Gegensatz zu diesen für die frühere Zeit geltenden Angaben J. Petzval 1857 in seinen Schriften von einem längeren Abstande ($^1/_3$ der Brennweite des Vordergliedes) gesprochen hat.

Viel unbefriedigender ist, wie hier beiläufig erwähnt sei, unsere Kenntniss der Petzval'schen Landschaftslinse (des Orthoskops). Dankenswerther Weise hat in letzter Zeit Hr. J. M. Eder[1]) den Wortlaut der österreichischen Patentschrift dieses Objektivs veröffentlicht, zugleich mit einer photographischen Reproduktion der Zeichnung. Leider enthält die Patentschrift keine Zahlenangaben, und ausserdem stimmt, wie auch schon der englische Uebersetzer des Eder'schen Artikels hervorhob, die Zeichnung mit dem Wortlaut der Beschreibung nicht überein, denn während nach dieser die freistehende Zerstreuungslinse aus Crown der achromatischen Kombination ihre stärkere Krümmung zuwenden soll, kehrt sie nach der Zeichnung ihr gerade die schwächer gekrümmte Fläche zu. Um den Widerspruch zu heben, müsste man annehmen, dass an den betreffenden Stellen der Patentbeschreibung unter Krümmung immer Konvexität der Krümmung verstanden sei.

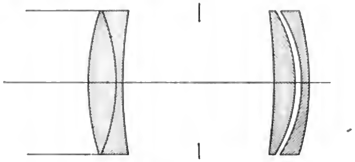


Fig. 2.

J. H. Dallmeyer: Porträtobjektiv.

Reduzirt auf $f_D = 100$ mm. Durchgerechnet für 1 : 3,0 und $\omega = 15°$.

Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimeter auf der Achse gemessen.

$r_1 = 52{,}2$	$d_1 = 6{,}5$	$r_4 = 556{,}4$ (konkav)	$d_3 = 5{,}2$
$r_2 = 45{,}4$	$d_2 = 1{,}7$	$r_5 = 34{,}8$	$b_3 = 1{,}3$
$r_3 = 260{,}8$	b_1*) = b_2*) = 17,4	$r_6 = 31{,}1$	$d_4 = 1{,}6$
		$r_7 = 62{,}3$	

Glasarten n_D

$L_1 = 1{,}5151$

$L_2 = L_4 = 1{,}5738$

$L_3 = 1{,}5179$

*) Als Hälfte des Linsenabstandes angenommen.

2. Das Dallmeyer'sche Porträtobjektiv.

Hr. Th. R. Dallmeyer hatte die Freundlichkeit, mir die Glasarten zu bezeichnen, die sein Vater in der 1866 in England patentirten Form des Porträtobjek-

[1]) J. M. Eder, Petzval's Orthoskop. *Eder's Jahrb. f. Photographie* **14.** *S. 108. 1900*; s. a. die englische Uebersetzung *Petzval's Orthoscope. Brit. Journ. of Photogr.* **47.** *S. 696. 1900.*

tivs verwendete. Es waren für das Vorderglied Chance's *soft crown* und *light flint* und für das Hinterglied *hard crown* und *light flint* derselben Firma. Für die Durchrechnung wurden die entsprechenden Nummern des Schott'schen Glasverzeichnisses eingesetzt und der letzte Abstand, der ja zur Modifikation des Zustandes der sphärischen Aberration dient, so bestimmt, dass das System für gelbes Licht korrigirt war; die übrigen Daten wurden der Patentschrift entnommen. Zu dem Typus sei bemerkt, dass die Vorderlinse wie bei dem Petzval'schen Objektiv aus einem bikonvexen Crown- und bikonkaven Flintbestandtheil zusammengekittet ist, dagegen weicht die Zusammensetzung des Hintergliedes von jenem ganz ab: die aus der Vorderkombination tretenden Strahlen werden erst gesammelt und dann wieder zerstreut, und aus dieser Anordnung ist es zu verstehen, dass dieser Zustand der sphärischen Aberration für eine Aenderung des letzten Linsenabstandes so sehr empfindlich ist.

Die Abweichungen der Schnittweiten betragen bei einem Oeffnungsverhältniss von 1 : 3,0 nur etwa — 0,3 *mm* im Maximum, diejenigen der Brennweiten sind etwas grösser und erreichen etwa — 0,4 *mm*. Der Zustand der schiefen Büschel ist dem bei dem vorigen Objektiv gefundenen ausserordentlich ähnlich, der Astigmatismus ist äusserst gering und beträgt bei 15° Neigung 0,5 *mm*, während die Bildfeldkrümmung für den seitlichen Theil des Bildfeldes zu einer Verschiebung der Mattscheibe von wenig über 2,0 *mm* nöthigen würde.

Für den Zweck von Porträtaufnahmen, dem dies Instrument dienen sollte, ist der auch an sich recht geringe Betrag der sphärischen Zonen in keiner Weise störend, ja es wurde sogar diesen Objektiven in der Verschiebbarkeit der Hinterlinse ein Mittel gegeben, nach Belieben sphärische Aberration einzuführen. Man bezweckte damit eine Abschwächung der grossen Schärfenunterschiede, wie sie bei einem sphärisch korrigirten System zwischen der Abbildung der Ebene scharfer Einstellung und der vor und hinter ihr gelegenen bestehen.





Fig. 1a. Fig. 2a.

Als Ordinaten sind die Einfallshöhen in *mm* (für $f_D = 100$ *mm*) aufgetragen.

Die Abszissen der ausgezogenen Kurven sind die Longitudinalaberrationen von der Schnittweite des Achsenstrahls.

Die Abszissen der gestrichelten Kurven sind die Longitudinalaberrationen von der Brennweite des Achsenstrahls.





Fig. 1b. Fig. 2b.

Die Ordinaten sind in Graden des halben Gesichtsfeldwinkels gegeben.

Die Abszissen der ausgezogenen Kurven geben in *mm* die zur Einstellung auf die sagittalen Büschel nothwendige Verschiebung der Mattscheibe von dem Brennpunkte aus.

Die Abszissen der gestrichelten Kurven geben in *mm* die zur Einstellung auf die meridionalen Büschel nothwendige Verschiebung der Mattscheibe von dem Brennpunkte aus.

Referate.

Der Almukantar der Sternwarte zu Durham.

Von R. A. Sampson. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **60.** *S. 572. 1900.*

Im Jahre 1884 hat Dr. Chandler, der Direktor der Sternwarte zu Cambridge (Mass.), ein neues Durchgangsinstrument konstruirt, welches sich unter seinen Händen auch recht gut bewährt hat. Dieses Instrument gestattet, die Durchgangszeiten der Sterne durch einen Höhenparallel zu beobachten und hat nach diesen Höhenkreisen, welche bekanntlich mit dem aus dem Arabischen stammenden Worte Almukantarat bezeichnet werden, den Namen Almukantar erhalten.

Der Hauptvortheil des Instruments besteht darin, dass das Nivelliren unnöthig gemacht wird, indem das Fernrohr oder vielmehr die es tragende Platte in einem mit Quecksilber gefüllten Trog schwimmt, also nach einer Verstellung im Azimut oder nach einer sonstigen Störung immer wieder dieselbe Lage zum Horizont einnimmt.

Bei den beiden bisher gebauten Instrumenten dieser Art befand sich das Fernrohr an dem einen Ende einer quer über der schwimmenden Platte liegenden Achse, während das andere Ende den Kreis für die Höheneinstellung und das Gegengewicht trug. Pater Hagen vom *Georgetown College Observatory* hat mit einem nach dem Prinzip des Almukantar montirten Fernrohr seinen Photochronographen verbunden, worüber unter Beigabe einer Abbildung in *dieser Zeitschr.* **13.** *S. 150. 1893* Mittheilung gemacht ist. Das Fernrohr kann um seine Umdrehungsachse nach einer beliebigen Höhe gerichtet werden und bei dem Hagen'schen Instrument, welches im Meridian aufgestellt ist, geschieht dies in der That. Beim eigentlichen Almukantar aber bleibt es in der Höhe, in welcher es festgeklemmt ist, für den ganzen Beobachtungsabend stehen und zwar empfiehlt es sich, damit die Reduktion der Beobachtungen eine möglichst einfache wird, das Rohr auf den Höhenparallel einzustellen, der durch den Himmelspol geht. Sterne, welche unterhalb dieses Höhenparallels kulminiren, können dann freilich nicht beobachtet werden, auch Sonne und Mond nicht zu allen Zeiten.

Ein Erforderniss ist, dass die in der Brennebene des Objektivs aufgespannten Horizontalfäden genau horizontal seien, weshalb Korrektionsschräubchen angebracht sind. Von einem Azimutfehler des Instrumentes kann dann keine Rede mehr sein.

Je weiter ein Stern vom Pol entfernt ist, um so schiefer geht er durch die Fäden hindurch, ein Umstand, der die Beobachtung natürlich erschwert.

Die Konstruktion, welche dem Almukantar in Durham gegeben und von T. Cooke & Sons in York ausgeführt worden ist, unterscheidet sich von der ursprünglichen im Wesentlichen dadurch, dass das Fernrohr F gebrochen ist. Das Rohr liegt, wie aus der umstehenden Figur hervorgeht, in zwei von dem schwimmenden Körper K getragenen Ringen R; beide sind mit Klemmen versehen, der dem Okular nähere auch mit einer Feinbewegung zur genauen Einstellung des Rohres auf den gewählten Höhenparallel.

Das sechszöllige Objektiv steckt in dem kurzen, zum Hauptrohr rechtwinkligen Ansatzrohr F_1, unweit hinter ihm steht unter 45° der die Strahlen zum Okular reflektirende Spiegel. Das Ansatzrohr ist durch ein hinter dem Spiegel befindliches, in der Figur nicht sichtbares Gegengewicht ausbalanzirt. Ferner ist am Okularende des Fernrohres zum Zweck gleichmässiger Belastung seiner schwimmenden Unterlage ein Gegengewicht G angebracht, zur genaueren Horizontirung derselben dient ein kleineres Gewicht g, das längs eines horizontalen Stabes verstellt werden kann.

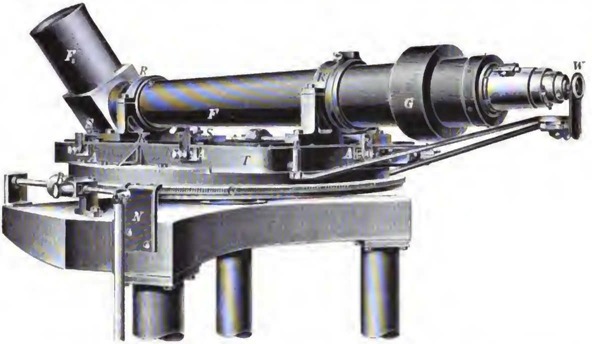
Da das Fernrohr, obwohl die Möglichkeit gegeben wäre, es nach jeder Höhe zu richten, nur in dem durch den Pol gehenden Höhenparallel gebraucht werden soll, so ist die Mauer des Gebäudes so hoch aufgeführt, dass jener Höhenparallel gerade noch bestrichen werden kann. Das Dach lässt sich auf Schienen bei Seite schieben.

Der schwimmende Körper K besteht, wie auch der Trog T und der Fuss des Instrumentes, aus Gusseisen. Er hat die Gestalt eines Kastens und ist etwa 90 *cm* lang, 60 *cm* breit

und 5 *cm* hoch. Die Dicke der Eisenplatten beträgt ungefähr 1,5 *cm*. Durch zwei Längs- und drei Querrippen ist der Körper *K* versteift und er steht von den Wänden des nicht ganz 6 *cm* tiefen Troges überall etwa 2 *cm* ab.

Um ein Verschütten des Quecksilbers bei azimutaler Bewegung des Troges zu vermeiden, ist der 2 *cm* breite Quecksilberstreifen längs der Trogwandungen bis auf die Breite von 1,5 *mm* überdacht. Die Tiefe dieses Quecksilberstreifens beträgt etwa 2,5 *cm*; unter dem schwimmenden Kasten, welcher 1,3 *cm* über den Trog herausragt, steht das Quecksilber etwa 0,6 *cm* hoch. Das Gewicht des Quecksilbers beträgt etwa 55 *kg*.

Gegen seitliche und azimutale Verschiebungen ist der Kasten auf folgende Weise geschützt. Auf der Aussenwand des Troges sind an sechs Stellen, nämlich an zweien auf jeder Längs- und an einer auf jeder Querseite Achatplättchen *A* befestigt, gegen welche die abgerundeten und polirten Enden von Schrauben aus gehärtetem Stahl gerichtet sind. Diese horizontal gestellten Schrauben gehen durch Bügel hindurch, welche auf dem schwimmenden Kasten befestigt sind und über die Trogwand hinweggreifen. Zwischen Schraubenende und



Achatplatte wird ein Tropfen Oel gegeben. Ist so der Kasten verhindert, sich in horizontaler Richtung zu bewegen, so kann er sich doch ungestört gegen die Lothlinie einstellen. Eine versuchsweise auf den Kasten gestellte Libelle, bei der 1 Skalentheil 1,5" entsprach, zeigte, nachdem der Trog durch Drehen einer Fussschraube um 100" geneigt worden war, genau wieder dieselbe Ablesung.

Dort wo die erwähnten Bügel über die Seitenwände des Troges hinweggreifen, gehen auch vertikal gerichtete Schrauben *S* durch sie hindurch. Sie sind unten mit Leder überzogen und sollen dazu dienen, die Schwankungen des Kastens zu vermindern. Ein tieferes Einschrauben bewirkt, dass der Kasten gehoben wird und fest auf dem Trogrand ruht, sodass das Instrument nunmehr zu einem gewöhnlichen Altazimut geworden ist. Zum Schutze des Fernrohres gegen eine Berührung seitens des Auges ist zwischen Okular und Auge eine Scheidewand *W* angebracht, welche von zwei vom Trog ausgehenden Armen getragen wird.

Der zur Einstellung des Sternes dienende Azimutalkreis *C* hat einen Durchmesser von 1 *m*, ist von 20 zu 20 Minuten getheilt und lässt mittels zweier Nonien *N* ganze Minuten ablesen; natürlich ist er mit Klemme und Feinbewegung *B* versehen. Die Beleuchtung ist elektrisch. Trog und Kreis sitzen fest auf der Vertikalachse des Instruments, welche durch zwei um 20 *cm* von einander abstehende Büchsen geht; die obere derselben ist konisch ausgedreht

und trägt wenigstens zum Theil die Last des Instrumentes, während der andere Theil ausbalanzirt ist. Getragen wird das ganze Instrument von drei mit Fussschrauben versehenen gusseisernen Säulen. Mit dem Unterbau sind die erwähnten zur Führung der Achse dienenden Büchsen verschraubt. Das Gewicht des ganzen Instrumentes beträgt ungefähr eine Tonne, das der schwimmenden Theile vier Zentner.

Vor Gebrauch des Instrumentes hat man von sämmtlichen Sternen, die man beobachten will, das Azimut und den Stundenwinkel zu berechnen für ihren Durchgang durch den Höhenkreis, auf den das Instrument eingestellt ist. Nach den von Chandler gegebenen Formeln wird ähnlich wie beim Meridiankreis aus den Differenzen zwischen den beobachteten und den berechneten Durchgangszeiten der Fundamentalsterne die Korrektion des Uhrstandes und die Abweichung des vom Fernrohr beschriebenen Höhenkreises von dem durch den Pol hindurchgehenden gefunden, worauf dann die Koordinaten der zu bestimmenden Sterne aus den Durchgängen dieser letzteren abgeleitet werden können. Hierbei genügt es, wenn der Durchgang eines solchen Sternes nur auf einer Seite des Meridians beobachtet wird. Hinsichtlich der Genauigkeit der zu erlangenden Resultate kann der Almukantar, wie sich gezeigt hat, mit dem Meridiankreis rivalisiren. *Kn.*

Neue Formen des logarithmischen Rechenschiebers.

1. Zu meiner kürzlich in *dieser Zeitschr.* **20.** *S. 335. 1900* erschienenen Notiz über neue Rechenscheiben habe ich zunächst bei der Puller'schen Scheibe nachzutragen, dass ihr Urheber selbst (vgl. die Beschreibung mit Abbildung und Genauigkeitsangaben in der *Zeitschr. f. Architektur u. Ingenieurwesen. Heftausgabe, S. 203. 1900*) für sein Instrument eine Genauigkeit von

$$\pm 0{,}03\,\%$$

findet, fast genau übereinstimmend mit der *a. a. O.* von mir angegebenen Zahl von $\pm 0{,}029\,\%$ bei einfacher Multiplikation. Die Vermuthung liegt nahe, dass sich diese Zahlen auf dasselbe Instrument beziehen, da sie sich gegenseitig so scharf bestätigen; worauf sich die von mir ebenfalls angeführte Genauigkeitsangabe von $\pm 0{,}014\,\%$ gründet, ist mir nicht näher bekannt geworden. Die Skale der Puller'schen Scheibe ist von der bekannten Firma Bogdan Gisevius in Berlin in Trockendruck hergestellt.

2. Sodann möchte ich hier anzeigen, dass der auch in Deutschland ziemlich bekannt gewordene *Cercle à calcul* von Boucher in Havre neuerdings wieder in Deutschland angeboten wird; die neuen Instrumente stammen aus der Fabrik von H. Chatelain in Paris (*Calculigraphe H. C., Paris. Système Boucher perfectionné*). Die Arbeit mit diesem Rechenkreis, der in den Modellen Nr. 1 und Nr. 3 Grösse und Form einer gewöhnlichen Taschenuhr hat, lässt an Bequemlichkeit wenig zu wünschen übrig; doch ist die Genauigkeit nicht so gross, als sie gemäss der guten und scharfen, wenn auch in etwas groben Strichen ausgeführten Theilung sein könnte, da die zwei Zeiger (der eine ist fest am Gehäuse angebracht und unter ihm kann man die Skale durchdrehen, der andere ist für sich um den Mittelpunkt drehbar) zu stark sind und der lange Zeiger, der über den andern weggehen muss, zu weit von der Skale absteht, sodass eine beträchtliche Parallaxe vorhanden ist. Aus 40 einfachen Multiplikationen mit je zwei ganz beliebig angeschriebenen Zahlen wurde mit dem für die geodätische Sammlung der Technischen Hochschule in Stuttgart kürzlich angeschafften Exemplar (Modell Nr. 3) ein m. F. des Produkts von $\pm 0{,}26\,\% = \text{rund} \pm \frac{1}{400}$ seines Betrags berechnet, sodass also die Genauigkeit der Hauptskale nicht ganz die eines gewöhnlichen geradlinigen Schiebers aus gutem Holz mit 125 *mm* Theilungslänge erreichen würde. Der Preis ist 15 M. für dieses Modell Nr. 3; es sind bei ihm ausser der gewöhnlichen Skale die Quadrate und Quadratwurzeln (die zwei innern Kreise der Vorderseite) und die Kuben und Kubikwurzeln vorhanden (auf der Rückseite), ferner auf dem äussersten Rand der Vorderseite die Skale der *Sinus*. Die logarithmische Haupttheilung der Vorderseite hat einen Durchmesser von 38 *mm*, also eine Theilungslänge von rund 120 *mm*, ziemlich genau dem gewöhnlichen geradlinigen Rechenschieber entsprechend. Das Modell Nr. 1 giebt ausserdem noch die Mantissen der

Logarithmen an für *beliebige* Potenzen und Wurzeln; das Modell Nr. 2 ist eine *grössere* Rechenscheibe für den Bureaugebrauch.

Die äusserst handliche Form empfiehlt immer wieder dieses kleine Werkzeug, wenn auch die Ausführung noch verbessert werden sollte.

3. In den *Compt. rend.* **131.** *S. 1289. 1900* hat kürzlich P. Weiss unter Beigabe von zwei Skizzen einen neuen Rechenkreis beschrieben, der „ziemlich stark abweicht von den sonst üblichen Rechenkreisen und Schiebern, und dessen Vortheile der längere tägliche Gebrauch bewiesen“ habe. Das Instrument hat „nur eine einzige logarithmische Skale“ (wie viele andre im Haupttheil des Instruments auch, z. B. das soeben beschriebene, in Deutschland der Rechenknecht von Herrmann, im Gegensatz zu andern Rechenkreisen u. s. f., die zwei identische, aneinander verschiebbare Skalen haben, z. B. die Scheiben von Landsberg, Puller, Röther, das Rechenrad von Beyerlen u. s. w.) und dazu zwei Zeiger, von denen der eine vom Verf. die Indikatrix, der andere die Multiplikatrix genannt wird. Der Theilungsdurchmesser beträgt 16 *cm*, die Theilungslänge 1 bis 10, in sich zurückkehrend wie bei allen Rechen-Scheiben und -Kreisen, also rund 50 *cm*. Es handelt sich demnach wieder um ein Bureau-, kein Taschen-Instrument. Als Genauigkeit ist „im Minimum, selbst bei komplizirten Operationen, leicht $\frac{1}{2000}$“ zu erreichen. Da die Skale auf Metall gerissen ist und die Ausführung (von Mechaniker Werlein) in Beziehung auf Zentrirung und Drehung der Zeiger u. s. f. sehr fein sein soll, so ist diese Genauigkeit von 0,05 % bei 50 *cm* langer Theilung ganz wohl erreichbar. Um eine neue *Erfindung*, wie die lange Beschreibung *a. a. O.* vermuthen lässt, handelt es sich aber nicht. Der Ref. hat das Instrument nicht gesehen.

Als besondern Vorzug seines Kreises betont der Verf. das Vorhandensein nur *einer* Skale statt zwei aneinander sich verschiebender. Man brauche so weniger Aufmerksamkeit beim Rechnen als beim gewöhnlichen Schieber oder bei andern Kreisen. Dass der Verf. sich aus demselben Grund für *eine einzige Skale überhaupt* entschieden, also die Quadratwurzelskale u. s. f. ganz weggelassen hat, ist für den Hauptgebrauch der Scheibe nur zu loben. Denn dieser Hauptgebrauch ist die Proportionsrechnung nach $y = (a/b)\,x$, wo a und b feste Zahlen sind und x eine Reihe von Werthen annimmt, zu denen man die zugehörigen Werthe y braucht; wo viele Nebenskalen vorhanden sind (wie z. B. an dem sonst ganz ähnlichen Rechenknecht von Herrmann), ist die Arbeit erschwert, so willkommen auch für *manche* Zwecke jene Nebenskalen sein können.

4. Ein von mir und Andern längst ausgesprochener Wunsch (von mir z. B. bei Gelegenheit von Genauigkeitsversuchen mit den Rechenwalzen von Fuller und von Thatcher) ist in einem Instrument, von Prof. R. Smith in London herrührend und von Mechaniker Steward in London, 406 Strand, ausgeführt (und von dort zu beziehen, in Deutschland vermuthlich später auch durch L. Tesdorpf in Stuttgart), erfüllt worden: es möchte ein handliches und *billiges Taschen*-Instrument in Form einer logarithmischen Rechenwalze hergestellt werden, das dem gewöhnlichen Schieber gegenüber die Genauigkeit der Rechnung steigern soll, wenn diese auch nicht ganz so bequem als beim gewöhnlichen Schieber bleibt. Da mir jedoch Hr. Prof. Smith durch Hrn. Tesdorpf, nach dem Kauf eines Instruments für die geodätische Sammlung der hiesigen Technischen Hochschule von dem genannten Mechaniker, auffallenderweise den Wunsch aussprechen liess, ich möchte von einer Beschreibung vorläufig absehen (diese ist übrigens in einer von Mechaniker Steward in London zu beziehenden Broschüre: „*The R. H. S.*“ [= *Robert H. Smith*] „*Calculator, designed and patented by Prof. Robert H. Smith*“ mit Abbildung sehr ausführlich gegeben!), so sehe ich hier von nähern Angaben zunächst ab und beschränke mich auf die Bemerkung, dass die Skale 50 engl. Zoll = 1,27 *m* lang ist und dass sich mit unserem Exemplar bei einfacher Multiplikation und Division (also je nur zwei Faktoren) in rund 50 Versuchen mit ganz beliebig angeschriebenen Zahlen der m. F. von

$$0{,}0383\,\% = \frac{1}{2600}$$

des Produkts gezeigt hat. Die Genauigkeit stimmt also fast mit der der grossen Puller'schen Scheibe überein.

Hammer.

Ueber den Einfluss des Erdmagnetismus auf ein magnetisirtes Chronometer.

Von A. Cornu. *Compt. rend.* **131.** *S. 859. 1900.*

A. Cornu hat Versuche ausgeführt um zu ermitteln, ob man die Störungen, die sich im Gange einer magnetisch gewordenen Uhr zeigen, durch Aufstellung einer Formel in Rechnung ziehen oder durch ein Kompensationsverfahren unschädlich machen kann. Er benutzte zu diesem Zwecke einen sogenannten Halb-Chronometer (Taschen-Chronometer) der, durch Unvorsichtigkeit in die Nähe eines grossen Elektromagneten gebracht, stark magnetisch geworden war. Um die Gangstörungen von anderen Einflüssen möglichst frei zu halten, liess er die Uhr vor und während der Ausführung der Experimente reinigen und beobachtete die Gänge, die sich bei verschiedenen Azimutalstellungen der XII—VI-Linie, in horizontaler Lage der Uhr ergeben. Bezeichnet man nun mit y_0, y_1, y_2, y_3 die Ordinaten der sinusoidalen Funktion $y = A \sin(w - w_0) + C$ für die Azimute 0°, 90°, 180°, 270° der XII—VI-Linie, so ergeben die nachstehend beobachteten Gänge folgende Werthe der Parameter A und w_0:

Datum	Gänge in Sekunden, wenn gegen Norden gerichtet				Werthe der Parameter	
	XII	III	VI	IX	A	w_0
20. VI. 1898 bis 12. VII. 1898	— 5,75	— 21,88	— 19,68	— 8,23	9,85	225,35°
24. X. 1898 „ 22. I. 1899	4,54	— 5,78	— 0,66	5,12	7,89	226,19
Uhr gereinigt.						
12. IV. 1899 „ 29. V. 1899	21,76	4,53	1,22	21,47	13,31	230,29
24. VI. 1899 „ 11. VII. „	24,81	14,40	4,56	21,20	10,68	251,27
14. XI. 1899 „ 17. IV. 1900	21,24	6,00	7,05	20,42	10,12	224,32
23. IV. 1900 „ 15. VI. „	22,13	9,25	5,87	17,98	9,23	241,46
1. XI. 1900 „ 17. XI. „	28,39	13,67	6,26	19,90	11,50	254,17
				Mittel	10,37	236,21

Man sieht, dass die Parameter, insbesondere nach der zweiten Reinigung ziemlich konstant blieben, wobei Cornu hinzufügt, dass bei dem starken magnetischen Charakter, den die Uhr angenommen hatte, eine grössere Uebereinstimmung gar nicht zu erwarten war. Nun ist dieses sinusoidale Gesetz identisch mit jenem, welches die Gangänderungen einer vertikal hängenden und in verschiedene Azimute gestellten Uhr zeigen, deren Unruhe unvollständig äquilibrirt ist. Diese Entdeckung ist deshalb interessant, weil sie zeigt, dass die durch Phillips gefundenen Bedingungen, um den Einfluss der Schwere zu eliminiren *(Ann. des Mines* **9.** *S. 321. 1866)*, auch für die Beseitigung eventueller magnetischer Einflüsse zur Anwendung gelangen können. Endlich berichtet Cornu über einen Kompensationsversuch, der ziemlich gelungen ist. Eine den Uhrquadranten vorstellende Scheibe erhielt an der Stelle, wo bei der Uhr die Unruhe sitzt, eine Magnetnadel, welche durch einen Hülfsmagneten astasirt wurde; brachte man dann die Uhr an die Stelle der Scheibe, so war der Einfluss des Erdmagnetismus auf das kleine Feld der Uhr neutralisirt und die Uhr zeigte in allen Lagen nahe den gleichen Gang. *E. G.*

Apparat zur Bestimmung der spezifischen Wärmen fester und flüssiger Körper.

Von W. Louguinine. *Journ. de phys.* **10.** *S. 5. 1901.*

Der Verf. hat in den *Ann. de chim. et de phys.* **1.** *S. 483. 1894* einen dem obigem Zweck in Temperaturen zwischen 0° und 100° dienenden Apparat mitgetheilt, welcher speziell für die Benutzung des Eiskalorimeters bestimmt war. Mit den besonderen Aenderungen für ein Wasserkalorimeter und für Temperaturen bis gegen 150° wurde der Apparat in *dieser Zeitschr.* **16.** *S. 129. 1896* vom Verf. eingehend beschrieben. Die in der vorliegenden Arbeit, in der übrigens die genannten früheren Publikationen nicht zitirt werden, veröffentlichte Form ist zum Gebrauch in noch höheren Temperaturen (bis 200°) bestimmt.

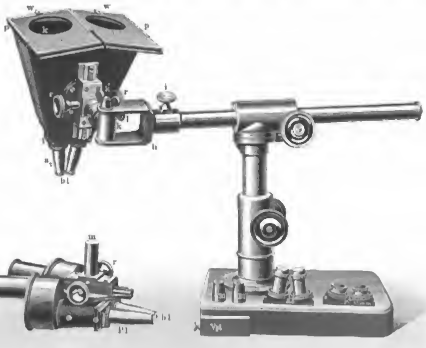
In Bezug auf die Einzelheiten mag auf *diese Zeitschr. a. a. O.* hingewiesen werden; die wesentlichen Aenderungen des neuen Modells sind leicht an der Hand der dort auf *S. 130* befindlichen Figur verständlich. Eine Verkürzung des Rohres E am Erwärmer war geboten

durch die sonst dort eintretende zu frühzeitige Kondensation des im Siedegefäss *K* entwickelten Dampfes der benutzten *hochsiedenden* Flüssigkeiten (Methylbenzoat u. s. w.). Das Quecksilberthermometer, welches die Temperatur des erwärmten Körpers angiebt, taucht in ein mit hochsiedendem Mineralöl gefülltes Glasgefäss. Die Flüssigkeiten, deren spezifische Wärmen bestimmt wurden, befanden sich in eiförmigen Platingefässen, deren enge röhrenförmige Oeffnung nach der Füllung unter geeigneten Vorsichtsmaassregeln mit Gold verlöthet wurde. *Rt.*

Ueber Mikrostereoskopie und eine neue vergrössernde Stereoskopkamera.

Von L. Drüner. *Zeitschr. f. wissenschaftl. Mikroskopie* **17.** *S. 281. 1900.*

Der Verf. berichtet zunächst über einige Versuche mit der stereoskopischen Wippe von Fritsch, bei der bekanntlich das Objekt unter zwei verschiedenen Neigungen gegen die optische Achse photographirt wird (es wurde mit Objektiv *A*, *D* und Oelimmersion $^1/_{12}$ gearbeitet). Die stereoskopische Wirkung war recht befriedigend; der Verf. „kann daher



Kaiserling's wenig ermuthigende Aeusserungen über Aufnahme mikroskopischer Stereotypien in seinem Lehrbuch der wissenschaftlichen Photographie nicht als berechtigt anerkennen". Doch wird das Verfahren besonders für schwache Vergrösserungen und geringe Aperturen empfohlen.

Die Verwendung der Wippe hat den Nachtheil, dass eine konstante Lichtquelle erforderlich ist, damit beide Aufnahmen gleich stark belichtet werden, dass keine Momentphotographien gemacht werden können und dass die Aufstellung des Objektes an das Mikroskop und den umfänglichen mikrophotographischen Apparat gebunden ist; die Handhabung wird so zeitraubend und schwierig und die Wahl der Objekte beschränkt.

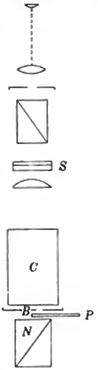
Der Verf. hat daher das von Braus und ihm angegebene binokulare Präparirmikroskop (*diese Zeitschr.* **18.** *S. 256. 1898*, bezüglich der optischen Ausrüstung vgl. *diese Zeitschr.* **19.** *S. 155. 1899*), welches die Einstellung auf beliebig gelegene und orientirte Objekte gestattet, mit einer Doppelkamera versehen lassen. Die Einrichtung der mit schwarzem Leder überzogenen Aluminiumkamera ist aus der der obigen Veröffentlichung entnommenen Figur leicht verständlich. Um die bequeme Auswechselung gegen den Tubus zu ermöglichen, wurde das früher vorgesehene Kugelgelenk mit der den Tubus tragenden Gabel durch ein T-Stück aus zwei Zylindern

ersetzt, um deren Achsen arretirbare Drehungen möglich sind und von denen der eine den Zapfen aufnimmt, welcher die Zahn- und Triebvorrichtung nebst Kamera trägt; die am Tubus vorgesehene Drehscheibe besitzt die Kamera nicht. Mit den verwendbaren Objektiven können Vergrösserungen von 1,6- bis 7-fach erzielt werden, während das Gesichtsfeld gleichzeitig von 31,2 auf 7,2 *mm* abnimmt; die Tiefe variirt von etwa 10 bis 1 *mm*, doch lässt sich dieselbe durch Blenden (Metallhütchen, die auf die Objektive gesteckt werden) steigern. Bei Belichtung mit Sonnenlicht würden Momentaufnahmen möglich sein, die Anbringung eines Momentverschlusses ist daher geplant. Der beschriebene Apparat wird voraussichtlich erst im kommenden Herbst von der Firma Carl Zeiss in Jena auf den Markt gebracht werden, da noch einige Aenderungen beabsichtigt sind. *A. K.*

Ueber die Absorption des Lichts in festen Körpern.

Von J. Königsberger. *Habilitationsschrift, Freiburg 1900.*

Der Verf. beschreibt zunächst ein Photometer, mit welchem die Lichtabsorption von $\frac{1}{2}$ *qmm* grossen Platten gemessen werden konnte. Die Einrichtung besteht im Wesentlichen aus einem Polarisationsmikroskop (vgl. die Figur), vor dessen Objektiv eine Kalkspathplatte C und eine Doppelblende B eingeschaltet ist, sodass das ausserordentliche Bild der einen Oeffnung gerade neben das ordentliche der anderen zu liegen kommt. Es wird nun die Interferenzerscheinung einer Savart'schen Platte S benutzt, um durch Drehen des Thompson'schen Polarisationsprismas N auf Gleichheit der Mengen senkrecht zu einander polarisirten Lichts in beiden Bildern einzustellen. Wird nun die Platte P aus der absorbirenden Substanz (mit ihren Schwingungsrichtungen parallel denen der Kalkspathplatte orientirt) vor die eine Oeffnung der Blende geschoben, so muss der Nicol N um einen bestimmten Betrag gedreht werden, der ein Maass für die Durchlässigkeit liefert. Bei dreimaliger Ablesung in allen vier Quadranten soll sich das Intensitätsverhältniss für Roth und die mittleren Theile des Spektrums auf 0,15% genau bestimmen lassen. Um das Helligkeitsverhältniss der beiden Bilder verändern zu können, hat der Verf. statt der Drehung des Nicols auch die Einschiebung zweier Rauchglaskeile benutzt; die Anzahl der Ablesungen ist in diesem Falle geringer, auch bedarf der Krystall nicht so genauer Orientirung.



Der Gitterspektralapparat, auf dem das Photometermikroskop Aufstellung findet, dient für Beobachtung in monochromatischem Licht. Derselbe ist von dem Photometer getrennt, damit die systematischen Fehler der Spektralphotometer vermieden werden.

Mit dem Apparat wurde die Abhängigkeit der Absorption von der Wellenlänge und der chemischen Zusammensetzung bei einigen natürlichen Krystallen, sowie der Einfluss einer Temperaturänderung auf die selektive und metallische Absorption fester Körper untersucht. Die aus den Beobachtungen abgeleiteten Regeln werden in ihren Beziehungen zum Kirchhoff'schen Gesetz und zur Dispersionstheorie erörtert. *A. K.*

Neue Spaltvorrichtung an Spektralapparaten.

Von C. Fritsch. *Phys. Zeitschr.* **1.** *S. 543. 1900.*

Der Verf. vermied die Schwierigkeit der Herstellung längerer Backenspalte, von deren Güte bekanntlich die Leistungsfähigkeit der Spektrometer und Spektrographen wesentlich abhängt, dadurch, dass er nach dem Vorgange von Righi feine Schnitte in dem Silberbelag von Glas- oder Quarzspiegeln verwendete. Bei der Herstellung wurde der Spiegel auf dem Support einer Drehbank befestigt und unter einem geeignet geschliffenen Stahlmesser oder einer Stahlspitze weggezogen, die sich mittels eines einfachen Hebelwerks um die Kernerspitzen der Bank drehen liess. Belastung, Schärfe und Winkel der Schneide, sowie die Art

der Versilberung bedingen die Güte des Spalts. Es gelang dem Verf. auf diese Weise, Spalte von etwa 0,01 *mm* Breite herzustellen, die unter dem Mikroskop bei etwa 300-facher Vergrösserung durchaus gleiche Breite und hinreichend gerade Ränder zeigten, sodass die beiden *D*-Linien schon bei Anwendung eines einzigen Crownglasprismas vollständig getrennt erschienen.

Der Nachtheil, dass diese Spalte nicht verstellbar sind, könnte dadurch umgangen werden, dass man mehrere Spalte von verschiedener Breite auf eine Spiegelglasplatte zieht, die am Kollimatorrohr vor einer 1 bis 2 *mm* breiten Blende verschiebbar angebracht wird.

Glch.

Ueber eine Fehlerquelle beim Gebrauch eines ballistischen Galvanometers.

Von R. Beattie. *Phil. Mag.* **50.** *S. 575. 1900.*

Benutzt man ein Galvanometer mit magnetischer Nadel ballistisch, so kann eine Fehlerquelle dadurch entstehen, dass die magnetische Achse der Nadel nicht genau parallel zur Windungsebene der Spulen steht. Schickt man in ein derartig unvollkommen justirtes Galvanometer einen Stromstoss, so wird das entstehende Feld eine kleine magnetisirende Komponente in Richtung der Nadel erzeugen und dadurch den Magnetismus der Nadel gerade in dem Augenblick, wo die ablenkende Kraft ausgeübt wird, ein wenig verstärken oder schwächen. Beattie berechnet theoretisch die Grösse des Fehlers für die besonderen Fälle, dass ein Kondensator durch ein ballistisches Galvanometer entladen oder geladen wird. Wie sich leicht übersehen lässt, ist der prozentische Fehler um so grösser, je unempfindlicher das Galvanometer ist und je grösser der Winkel α zwischen magnetischer Achse der Nadel und Windungsebene der Spulen ist. Es wird nachgewiesen, dass bei unempfindlicheren Galvanometern dieser Fehler einige Prozent für $\alpha = 1^\circ$ betragen kann. *E. O.*

Ueber das Studium entfernter Gewitter mittels des Elektro-Radiophons.

Von Th. Tommasina. *Compt. rend.* **131.** *S. 876. 1900.*

Zum Nachweis der von Gewittern ausgehenden elektrischen Schwingungen ist schon mehrfach der Kohärer benutzt worden. Tommasina knüpft im Besonderen an die Versuche von Prof. Boggio Lera (*Atti Accad. Gioenia di Catania* **13.** *1900*) an, welcher durch einen Kohärer eine Reihe verschieden empfindlicher Relais erregte und deren Angaben registrirte. Gemäss der Intensität der entfernten Entladungen wurden durch diesen Elektro-Radiographen verschieden lange Striche aufgezeichnet. Tommasina hat an Stelle dieser Registrirung ein Telephon benutzt und bezeichnet deshalb seinen Apparat als Elektro-Radiophon.

Verf. verwendet den von ihm erfundenen, selbstthätig sich ausschaltenden Kohlen-Kohärer. Als Elektroden dienen zwei kleine Kohlenfäden von 4 *mm* Durchmesser, welche mittels Platindrähte in einer Glasröhre mit fein zerklopften, durchgesiebten und sorgfältig getrockneten Kohlenstückchen befestigt sind. Ein hermetischer Verschluss der Glasröhre ist zur Erhaltung der Konstanz des elektrostatischen Feldes absolut nothwendig. Nach früheren Mittheilungen (*Compt. rend.* **130.** *S. 904. 1900*) kann man eine selbstthätige Unterbrechung des Kohärers ohne Einschaltung eines Relais und eines Elements erreichen, wenn man den Kohärer in ein Telephon einsetzt.

Zur Aufnahme der elektrischen Schwingungen waren drei je 30 *m* lange Kupferdrähte von dem Fenster des Beobachtungsraumes fächerförmig nach einem 6 *m* höher gelegenen offenen Balkon ausgespannt. Die oberen Enden der Drähte waren sorgfältig isolirt und gegen Regen geschützt; die unteren Enden waren an die Wasserleitung angeschlossen. Bei sehr starken telephonischen Geräuschen, also bei dem Herannahen von Gewittern, wurde die Verbindung der Apparate mit dem Drahtnetz und mit der Erde ausgeschaltet. Der Kohärer ist vertikal in der Röhre des Telephontrichters befestigt und in den Stromkreis des dazu gehörigen Elektromagneten eingeschaltet. Hält man das Telephon an das Ohr, so liegt also der Kohärer horizontal, und die Kohlen-Körnchen üben auf jede Elektrode den gleichen Druck aus.

Die Experimente ergaben, dass bei entfernten Gewittern zwischen jedem Zeichen des Elektro-Radiographen eine Menge von Geräuschen im Elektro-Radiophon gehört wurden, welche den Eindruck erweckten, dass man sich in der Nähe des Gewitterheerdes befand und alle einzeinen Phasen direkt hörte. An einem Beispiele wird ausführlich geschildert, wie ein heranziehendes Gewitter mehrere Stunden vorher gehört werden konnte, bis die Geräusche so stark und häufig wurden, dass das Telephon ausgeschaltet werden musste. In einem anderen Falle wurde ein Gewitterregen 12 Stunden vorher durch das Elektro-Radiophon angezeigt. *Sg.*

Einfaches Schulmikrotom.

Von J. Neuburger. *Zeitschr. f. wissenschaftl. Mikroskopie* **17.** *S. 1. 1900.*

Das hier beschriebene Instrument ist durch Verbindung der Messerführung des in *dieser Zeitschr.* **15.** *S. 15. 1895* beschriebenen Mikrotoms von Fromme mit dem Objekthalter des ebenda beschriebenen kleinen Mikrotoms von Jung entstanden. Das Messer wird hier am Ende eines starken, um eine vertikale Spitzenachse drehbaren Armes von ähnlicher Einrichtung wie beim erstgenannten Mikrotom befestigt, und seine Schneide beschreibt bei der Drehung dieses Armes eine horizontale Kreisringebene. Die Vortheile, welche die Bogenführung der gekrümmten Messerschneide des Mikrotoms von Fromme für das Schneiden frischer oder gehärteter pflanzlicher Objekte bietet, sollen hier durch entsprechende Schrägstellung der geraden Messerschneide erreicht werden. Während beim kleinen Jung'schen Mikrotom die gleichfalls um eine vertikale Drehachse in horizontaler Ebene bewegte gerade Messerschneide nahezu die Richtung eines von der Drehachse ausgehenden Radius hat, kann hier der Messerschneide ausser dieser auch jede zum Radius geneigte, übrigens aber in die Schnittebene fallende Richtung gegeben werden.

Der Objekthalter besteht wie beim kleinen Jung'schen Mikrotom aus zwei ineinander verschiebbaren Messinghülsen und ist hier in einem Schlitz der Grundplatte, welche zugleich die Lager für den Messerarm trägt, verschiebbar und an der nach Messerstellung und Objektgrösse passenden Stelle festklemmbar. Die innere Hülse, welche behufs Einstellung der Schnittdicke mikrometrisch bewegt werden kann, enthält eine aus Holz hergestellte Objektklammer, welche unmittelbar zur Aufnahme längerer pflanzlicher Objekte dienen soll. Die Mikrometerschraube wird behufs Verstellung des Objektes um die Schnittdicke mit der Hand gedreht. Eine Einschnappvorrichtung, welche in die gezahnte Kopfscheibe eingreift, sichert die Stellung der Schraube; sie dient, wenn ausgerückt, bei grösseren Drehungen als Index. Eine selbstthätige Verstellung für Serienschnitte, wie sie das kleine Jung'sche Mikrotom besitzt, fehlt hier.

Zum Schneiden unter Alkohol wird ein Blechkasten auf die Aussenhülse des Objekthalters gesetzt, innerhalb dessen sich das Messer bewegen kann[1]). *P.*

Neu erschienene Bücher.

N. Kennedy, *Surveying with the Tacheometer.* 8°. 101 S. mit 2 Taf. London, Crosby Lockwood. 1900. 12,80 M.

Ein elementares Lehrbuch der gewöhnlichen Tachymetrie, von der der Verf. sagt, sie sei seit einem halben Jahrhundert auf dem Kontinent allgemein im Gebrauch, werde aber in England immer noch wenig angewandt, weil die Tachymeter nach der 100^g-Theilung eingerichtet zu werden pflegen. Hat nicht die wichtigste deutsche Tachymetertafel alte Theilung?

Das Instrument wird nebst seinen Rektifikationen kurz beschrieben, ebenso die Latte. Auch die Feldarbeit und Bureauarbeit werden kurz abgemacht; bei dieser werden zur Be-

[1]) Das Mikrotom wird von der Firma Heilige & Co. in Freiburg i. B. in Holzkasten mit *einem* Messer für 30 M., der Blechkasten gesondert für 4 M. geliefert.

rechnung der einzelnen Punkte zunächst erwähnt: Rechenschieber und Zahlen-Tafeln, jene sollen aber die Augen ungebührlich in Anspruch nehmen, diese sollen die Arbeit zu langsam fördern (auch die mit der Entfernung, nicht mit dem Höhenwinkel, als Hauptargument?). „Auch Diagramme sind vorgeschlagen worden; aber keines war wirklich praktisch bis zu dem von M. Gustave Gillman, *A. M. Inst. C. E.*, hergestellten. Seine Einfachheit, die Raschheit, mit der sein Gebrauch zu erlernen ist, stellt es hoch über alle ähnlichen Versuche.“ Der Ref. muss gestehen, die grosse Ueberlegenheit des Gillman'schen Diagramms (dessen geschickte Anordnung er im Uebrigen nicht in Zweifel ziehen will) über andere Hülfsmittel beim praktischen Gebrauch nicht ganz bestätigt gefunden zu haben.

In den Anhängen II und III giebt der Verfasser Tachymetertabellen, die erste für alte, die zweite für neue Theilung, die übrigens nur die natürlichen Werthe $\sin^2 l'$ und $\sin l' \cos l'$ auf 5 Dezimalen enthalten zur Rechnung nach den Gleichungen

$$e = kl \cdot \sin^2 l'$$
$$h = kl \cdot \sin l' \cos l' = kl \cdot (\tfrac{1}{2} \sin 2 l').$$

Diese Tabellen der in Betracht kommenden Zenithdistanzfunktionen scheinen korrekt zu sein (nebenbei: $l' = 30^0$ giebt $\sin l' \cos l' = 0{,}43301$ statt $0{,}43302$, was freilich praktisch gleichgültig ist; was soll überhaupt mit fünfstelligen natürlichen Werthen begonnen werden?) In beiden Tabellen steht je 1^0 oder 1^g auf einer Seite und das Tafelintervall ist 1' und 1'. Die Sexagesimaltafel geht bis zu Höhenwinkeln von $\pm 31^0$ ($l' = 59^0$ bis 121^0); die Zentesimaltafel aber geht nur bis $\pm 20^g$ (also $\pm 18^0$ entsprechend) Höhenwinkel ($l' = 80^g$ bis 120^g), ist also nicht genügend ausgedehnt.

Dass ich diesem Werkchen, das uns Deutschen nichts Neues bringt, hier einige Zeilen widme, hat seinen Grund hauptsächlich darin, dass in ihm anhangsweise ein System der tachymetrischen Messung erwähnt wird, das in Deutschland so gut wie unbekannt geblieben ist; es ist ausführlicher wohl zuerst von Baracenas in Spanien beschrieben worden; auch der Ref. hat sich vor längerer Zeit damit befasst. Der Verf. nennt das System das Tangentialsystem. Es beruht auf Beobachtung des (mit der Entfernung veränderlichen) Lattenstücks, das einem bestimmten Parallaxenwinkel entspricht; dabei ist jedoch dieser Parallaxenwinkel so gewählt, dass sein oberer und sein unterer Schenkel Neigungen haben, die zwei auf einander folgenden Werthen der Reihe x nach $\operatorname{tg} x = {}^1/_{100}, {}^2/_{100}, {}^3/_{100}, {}^4/_{100}, \ldots$ entsprechen. Der Parallaxenwinkel ist also bei jeder Erhebung des Fernrohrs ein Winkel $(\beta - \alpha)$ derart, dass

$$\operatorname{tg} \beta - \operatorname{tg} \alpha = 0{,}01$$

ist. Die zu den genannten Tangenten gehörigen Winkel selbst sind $0^0\,34'\,23''$, $1^0\,8'\,54''$, $1^0\,43'\,6''$, $2^0\,17'\,36''$, $2^0\,51'\,45''$, ... Denkt man sich für diese Winkel Striche auf dem Höhenkreis angegeben (statt der sonstigen Eintheilungsstriche; mit 1, 2, 3, 4, ... zu beziffern) und die Latte nach Einstellung irgend zweier Nachbarstriche zweimal abgelesen, so erhält man, wenn a_2 und a_1 diese Lattenablesungen sind, stets

$$\text{Horizontaldistanz} = 100\,(a_2 - a_1);$$

auch den Höhenunterschied erhält man noch ziemlich bequem, wenigstens so lange die Neigungen β und α nicht gross sind (z. B. nicht über $\operatorname{arc} \operatorname{tg} {}^1/_{10}$ gehen), weil die Horizontaldistanz dann nur mit einer einziffrigen Zahl (${}^6/_{100}$ z. B.) zu multipliziren ist.

Das System ist, wie man sieht, eine Abänderung der Verwendung des „Höhenkreises als Distanzmesser“. Doch ist bei allen derartigen Einrichtungen die *zweimalige* getrennte Anzielung der Latte (z. B. bei Ziegler-Hager, Eckhold u. v. A.) und bei dem hier besprochenen die jedesmal vorhergehende Einstellung auf einen Strich der Skale (die nicht auf einen *Kreis* aufgetragen zu sein braucht, sondern auch auf einer Vertikalschiene liegen kann, womit man sich den „Schiebetachymetern“ nähern würde) nicht förderlich. Bei dem gewöhnlichen Tachymeter muss man ja auch zwei Latten-Ablesungen machen, aber im Gesichtsfeld des Fernrohrs bei nur einer Zielung, also fast *gleichzeitig*, zudem lässt sich dabei die eine Ablesung durch Einstellung auf eine Lattenmarke ersetzen. Die genaue Einstellung zweier Striche am Instrument selbst ist etwas zu zeitraubend; wäre es möglich — eben damit habe

ich mich früher beschäftigt, ohne eine brauchbare Lösung zu finden — diese beiden optisch-mechanischen Einstellungen durch rein mechanische Einstellungen am Instrument (die gleichwohl erkennen lassen müssten, ob eine bestimmte Einstellung dem arc tg 0,05 oder arc tg 0,06 ... entspricht), so wäre trotz der geäusserten Bedenken gegen die *zwei* getrennten Lattenablesungen diese Tachymetermethode wohl lebensfähig. *Hammer.*

A. Dufour, *Tracé d'un Chemin de Fer.* kl. 8°. 212 S. Paris, Gauthier-Villars 1900. 3 fr.

Dieses Bändchen, eine Nummer der *Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*, die Léauté herausgiebt, kann ebenfalls als kurze Anleitung zur Tachymetrie bezeichnet werden; denn was sonst von Vorarbeiten zum Eisenbahnbau, zum Trassiren mitgetheilt wird, gewährt kaum einen flüchtigen Ueberblick (bei der Berechnung der Erdarbeiten fehlen wichtige neuere Methoden, die Absteckung kommt sehr zu kurz). Das Tachymeterinstrument ist im Wesentlichen noch ganz das Moinot'sche, ebenso ist die Latte die von Moinot eingeführte. Die kleine Bibliographie zählt nur französische Werke auf. Der deutsche Instrumentenbau kann aus dem Werkchen nichts lernen. *Hammer.*

J. Russner, Elementare Experimental-Physik für höhere Lehranstalten. In 2 Thln. gr. 8°. Hannover, Gebr. Jänecke 1900. Geb. in Leinw.

I. Mechanik fester Körper. VI, 146 S. m. 164 Abbildgn. 3,60 M. — II. Mechanik flüssiger und gasförmiger Körper. Wellenlehre. V, 162 S. m. 246 Abbildgn. 4,00 M.

Die beiden Bücher behandeln die Mechanik und die Wellenlehre in der bekannten älteren Weise und zwar liegt ihnen, ohne dass irgendwo darauf hingewiesen ist, das als Manuskript gedruckte kleine treffliche Buch von Adolf Weinhold, Leitfaden für den physikalischen Unterricht an der Höheren Gewerbeschule zu Chemnitz (Chemnitz, Wilhelm Adam) zu Grunde. Sie bieten eine bequeme Gelegenheit, das im Unterricht Gehörte und Gesehene zu wiederholen und einzuprägen, gewähren aber dem Schüler oder Leser keinen tieferen Einblick in die gewaltige Geistesarbeit, die erforderlich war, aus dem anscheinend wirren Getriebe der Naturerscheinungen allmählich die einfachen grossen Gesetze der Mechanik abzuleiten. Für solche Schüler, die nicht zum Nachgrübeln veranlagt sind und sich auf einen praktischen Beruf vorbereiten, ist das durchaus klar und besonnen geschriebene Werk wohl recht geeignet, weniger für die Schüler anderer höherer Lehranstalten, die zu selbstständigem physikalischen Denken erzogen werden sollen. Die Erreichung des Zweckes, die physikalischen Thatsachen und deren wichtigsten Verwerthungen in der Technik dem Schüler fest einzuprägen und ihn zu befähigen, im späteren Leben unter persönlicher Verantwortung praktischen Gebrauch davon zu machen, sichert der Verfasser wesentlich durch die Einfügung zahlreicher, wenn auch zuweilen reizloser Aufgaben nebst den ausgeführten Lösungen. Bei der Besprechung der Längen- und Masseneinheit sind, wie in den meisten physikalischen Lehrbüchern, die Beschlüsse der Generalkonferenz für Maass und Gewicht im Jahre 1889 und die Bedeutung der neuen internationalen und nationalen Prototype für Wissenschaft und Technik unberücksichtigt geblieben. Der Verfasser führt zunächst das praktische, später das absolute Maasssystem ein, um dann beide neben einander zu benutzen, ohne das Massenmaass Kilogramm (kg) von der Krafteinheit, dem Kilogrammgewicht (kg*), durch Benennung und Bezeichnung überall scharf zu trennen. Dieses ehemals übliche gemischte Verfahren ist nicht zweckmässig. Die zahlreichen Figuren sind zweierlei Ursprungs: Der Verfasser hat die recht guten schematischen Figuren selbst gezeichnet, während die Clichés für die zum Theil ganz werthlosen Apparatenbilder, das ist eine nicht empfehlenswerthe Neuerung im Lehrbuchwesen, die Firma Max Kohl, Fabrik für physikalische Apparate zu Chemnitz, geliefert hat. Bei dieser etwas kümmerlichen Ausstattung ist der Preis von 3,60 M. bez. 4,00 M. für jedes dünne Bändchen ein ungewöhnlich hoher. Der Verleger sehe sich einmal die wundervolle Ausstattung des 862 Seiten starken Werkchens von J. C. P. Aldous, *Elementary Course of Physics* (London, Macmillan & Co. 1898) an, das nur 7,60 M. kostet. *Hahn-Machenheimer.*

F. B. Ahrens, Anleitg. zur chem.-techn. Analyse. gr. 8°. VIII, 446 S. m. 87 Abbildgn. Stuttgart, F. Enke. 9,00 M.

Abhandlungen, Wissenschaftl., der Physikal.-Techn. Reichsanstalt. III. Bd. gr. 4°. III, 477 S. m. Fig. Berlin, J. Springer. 30,00 M.

M. Rudolphi, Einführung in d. physikal. Praktikum. gr. 8°. VIII, 136 S. m. 43 Abbildgn. Göttingen, Vandenhoeck & Ruprecht. Geb. in Leinw. 3,20 M.

H. Dufet, *Recueil de Données numériques, publié par la Société Française de Physique. Optique.* 3. Heft. *Pouvoir rotatoire; couleurs d'interférence; supplément.* gr. 8°. S. XII u. S. 787 bis 1313. Paris 1900. 12,50 M.

Das vollst. Werk, 1. bis 3. Heft. 1898 bis 1900. 37,50 M.

E. W. Maunder, *Royal Observatory, Greenwich. A glance to its History and Work.* 8°. 320 S. mit Porträts u. Illustr. London 1900. Geb. in Leinw. 5,50 M.

R. A. Herman, *Treatise on geometrical Optics.* gr. 8°. 354 S. m. Fig. Cambridge 1900. Geb. in Leinw. 10,30 M.

S. L. Loney, *The Elements of Hydrostatics.* gr. 8°. Mit Fig. Cambridge 1900. 4,70 M.

W. Ligowski, Sammlg. fünfstelliger logarithm., trigonometr. u. nautischer Tafeln nebst Erklärgn. u. Formeln der Astronomie. (Nautische Tafeln.) 4. Aufl. gr. 8°. XXIII, 212 u. 48 S. Kiel, Universitäts-Buchhandl. 1900. Geb. in Leinw. 8,00 M.

Bremiker's logarithm. trigonometr. Tafeln m. 6 Dezimalstellen. Neu bearb. v. Geh. Reg.-R. Prof. Dr. Th. Albrecht. 13. Ausg. gr. 8°. XVIII, 598 S. Berlin, Nicolai's Verl. 1900. 4,20 M.; geb. 5,00 M.

B. Weinstein, Thermodynamik u. Kinetik der Körper. 1. Bd. Allgemeine Thermodynamik u. Kinetik u. Theorie der idealen u. wirkl. Gase u. Dämpfe. gr. 8°. XVIII, 484 S. m. Abbildgn. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1901. 12,00 M.

M. F. Daniels, *Elektriciteit en Magnetisme.* 2. Ausg. gr. 8°. VIII, 294 S. m. 235 Abbildgn. Amsterdam 1900. 5,60 M.

J. J. Fahie, *History of wireless Telegraphy* 1838—99, *incl. bare-wire proposals for subaqueous Telegraphs.* 2. Ausg. 8°. 344 S. m. Illustr. London 1900. Geb. in Leinw. 6,20 M.

S. P. Thompson, *Optical Tables and Data for Opticians.* schmal-8°. London 1901. Geb. in Leinw. 6,30 M.

W. Slingo u. A. Brooker, *Electrical Engineering.* Revidirte Ausgabe. 8°. 806 S. m. Illustr. London 1900. Geb. in Leinw. 12,50 M.

Notiz.

In meinem Bericht über den Kaibel-Tesdorpf'schen Entfernungsmesser in *dieser Zeitschr.* ***20.*** *S. 366. 1900* habe ich bei Erwähnung der Versuchsmessungen die Vermuthung ausgesprochen, es möchten aus Versehen bei den grossen Entfernungen 659 *m*, 1887 *m* u. s. f. die Horizontaldistanzen statt der schiefen Entfernungen verwendet worden sein. Wie ich mich seither überzeugt habe, ist dies nicht der Fall; für die *schiefen* Längen: *P*— Johanneskirche (Spitze) und *P*— Hasenbergthurmstange, wo *P* den Standpunkt im Garten des Hrn. Tesdorpf bedeutet, wurde neuerdings von meinem Assistenten aus den Koordinaten und den Höhenunterschieden erhalten 660 und 1885 *m*, also angesichts der jetzt vorhandenen Unsicherheit über den nicht dauernd bezeichneten Standpunkt *P* völlig genügende Uebereinstimmung mit den Zahlen für die richtigen Entfernungen in der Kaibel'schen Broschüre.

Es bleibt damit also die verhältnissmässig grosse negative konstante Korrektion der Angaben des Instruments bestehen, die bei kleineren Entfernungen rund $^1/_{500}$ beträgt, bei grösseren aber rasch auf $^1/_{200}$ und $^1/_{100}$ steigt und die an der Theilung des Instruments noch beseitigt werden sollte.

Stuttgart, 31. Januar 1901. *Hammer.*

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXI. Jahrgang. **März 1901.** Drittes Heft.

Untersuchungen über Normal-Elemente, insbesondere über das Weston'sche Kadmium-Element.

Von

W. Jaeger und **St. Lindeck.**

(Mittheilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

(Fortsetzung von S. 49.)

Ergebnisse der Messungen.

a) *Reihe 1 bis 3.* Bei den ersten drei Versuchsreihen (Tab. 3 und 4, Reihe 1, 2, 3) war die Anordnung der Versuche eine andere, als vorstehend beschrieben wurde. Alle *S. 41* erwähnten Elemente befanden sich bei diesen Reihen, einschliesslich der Kadmium-Elemente a_6 bis a_{10}, in einem gemeinsamen, in einem Thermostaten stehenden Petroleumbad; die Temperatur des Bades wurde durch Quecksilberthermometer ermittelt. Man erhielt so eine direkte Vergleichung der Kadmium-Elemente a_6 bis a_{10} mit allen anderen Elementen bei 17,66°, nachdem sich dieselben sehr lange Zeit auf Zimmertemperatur befunden hatten.

Die im Jahre 1899 hergestellten Kadmium-Elemente a_1 bis a_{17} mit gesättigter Lösung und 13%-igem Amalgam zeigen, wie bei den früheren Messungen (vgl. Tab. 1, *S. 36*), eine sehr gute Uebereinstimmung, da die Abweichungen von dem Mittelwerth nur bis zu drei Hunderttausendteln betragen.

Die Mittelwerthe der mit *a* bezeichneten Kadmium-Elemente in den drei ersten Reihen (Tab. 3 und Gruppe I von Tab. 4) sind bei 17,66°

	Reihe 1	2	3
für die 5 Elemente a_6 bis a_{10} . .	$1{,}01869_3$	69_0	69_5
„ „ 12 anderen Elemente *a* . .	$1{,}01871_0$	71_0	70_8
Mittel der 17 Elemente *a*	$1{,}01870_5$	70_4	70_4
Gesammtmittel		$1{,}01870_4$.	

Bei den älteren Kadmium-Elementen (Gruppe II von Tab. 4) sind die Abweichungen z. Th. grösser (etwa bis zu 1 Zehntausendtel vom Mittel). Die Mittelwerthe sind für diese Elemente bei derselben Temperatur 17,66°

Reihe 1	2	3
$1{,}01877_2$	75_6	76_9,

also das Gesammtmittel $1{,}01876_6$.

Der Mittelwerth der älteren Kadmium-Elemente ist somit nur um 6 hunderttausendtel Volt höher als der der neueren, etwas anders zusammengesetzten Elemente.

Dies Ergebniss ist mit demjenigen des vorigen Jahres in guter Uebereinstimmung; es hat also seit dieser Zeit keine relative Aenderung der Kadmium-Elemente, die aus verschiedener Zeit stammen, stattgefunden; hieraus kann man auch einen Schluss auf die absolute Unveränderlichkeit der einzelnen Elementengruppen ziehen.

Da, wie ersichtlich, der Mittelwerth der 5 Elemente a_6 bis a_{10} sowohl mit dem Gesammtmittel aller Elemente a_1 bis a_{17}, als auch mit dem der älteren Kadmium-Elemente in so naher Uebereinstimmung steht, so erscheint es vollkommen gerechtfertigt, in Bezug auf den allen Messungen zu Grunde gelegten Normalwerth in der auf *S. 43* angegebenen Weise zu verfahren.

Ueber den muthmasslichen Grund der geringeren inneren Uebereinstimmung der Elemente mit 14,3%-igem Amalgam siehe *S. 39*.

Auch die Kadmium-Elemente mit ungesättigter Lösung (Gruppe III, Tab. 4) zeigen trotz des 13%-igen Amalgams, ebenso wie im Vorjahr, keine so gute Uebereinstimmung wie die mit *a* bezeichneten Elemente. Der absolute Werth von A_1 bis A_5, bezogen auf die Kadmium-Elemente mit gesättigter Lösung, ist um etwa 2 zehntausendtel Volt kleiner geworden, was vielleicht auf eine Zunahme der Konzentration der Kadmiumsulfatlösung in Folge von Verdunstung aus den nicht ganz dicht schliessenden Gefässen zurückzuführen ist.

b) *Reihe 4 bis 56.* Der Uebersichtlichkeit wegen sind die gleichzeitig angestellten Beobachtungen mit den Elementen a_6 bis a_{10} und die mit allen übrigen Elementen in getrennten Tabellen untergebracht (Tab. 3 und 4). Die Zusammengehörigkeit ergiebt sich aus den Reihennummern. Zeit und Stunde der Messung sind nur im Kopf der Tab. 4 angegeben, da diese Angaben für die Tab. 3 von geringerer Bedeutung sind, denn die Elemente a_6 bis a_{10} befanden sich stets auf Zimmertemperatur[1]). Die Temperatur der Elemente a_6 bis a_{10} ist im Kopf der Tab. 3 aufgeführt, ausserdem unter den Beobachtungszahlen der Mittelwerth derselben und der nach der früher angegebenen Formel (*S. 38*) auf 20° umgerechnete Mittelwerth. Da dieser letztere von der Zahl $1{,}01860_0$ der Formel z. Th. bis zu etwa 2 Hunderttausendtel abweicht, so wurden diese kleinen Differenzen als Reduktionen an den verschiedenen Mittelwerthen der Tab. 4 noch angebracht[2]), weil ja, wie bereits auf *S. 43* erwähnt, der Mittelwerth aus diesen 5 Elementen den Normalwerth repräsentiren soll. Auf diese Weise sind die *„Reduzirten Mittel"* der Tab. 4 erhalten. Im Kopf der Tab. 4 sind, ausser den Reihennummern, der Anfangszeit der Beobachtungen und der Mitteltemperatur, die Aenderungen der Temperatur während der betreffenden Reihe in $^1/_{100}$° mitgetheilt. Bei Angabe nur einer solchen Zahl ist die Temperatur am Anfang und Ende der Reihe gemessen worden, bei Angabe mehrerer Zahlen entsprechend öfter. Die Kenntniss der Konstanz der Temperatur während der Messungsreihe ist vor Allem für die Clark-Elemente wegen ihres grossen Temperaturkoeffizienten von Wichtigkeit. Meist sind indess die Aenderungen so klein, dass sie das Resultat nicht wesentlich beeinflussen können.

Die *bei 0° angestellten Versuche* wurden über eine längere Zeit ausgedehnt, um etwaige Aenderungen bei den Elementen zu konstatiren (vgl. Tab. 4 Reihe 4 bis 14 vom 1. X. bis 9. X. 1900 und Reihe 36 bis 47 vom 22. X. bis 2. XI.).

Reihe 4 und 5 kommen für die Clark-Elemente nicht in Betracht, da das Petroleumbad die Temperatur von 0° noch nicht erreicht hatte[3]). Immerhin ist es bei diesen Reihen interessant, dass die Kadmium-Elemente der Gruppe I zur selben Zeit schon fast genau richtig sind. In Reihe 7 haben die Clark-Elemente ihren definitiven Werth ziemlich erreicht. In den Reihen 8 und 9 zeigt die elektromotorische

[1]) Bei den Reihen 4 bis 10 standen diese Elemente, von Luft umgeben, in einem mit Thermometer versehenen Holzkasten, bei allen folgenden Reihen in einem Petroleumbad.

[2]) Bei den Clark-Elementen mit 1,4 multiplizirt.

[3]) Der Zinkkasten *a* von Fig. 1 war bei diesen zwei Reihen nicht ganz von Eis umgeben.

Kraft derselben ein Maximum; diese Erscheinung tritt bei der späteren Wiederholung der Messungen bei 0° (Reihe 37 und 38) noch deutlicher hervor. Die erste Reihe (36) kommt hier für die Clark-Elemente ebenfalls nicht in Betracht, da das Petroleumbad die Temperatur 0° noch nicht ganz angenommen hatte. Bei der grossen Wärmekapazität des Apparates dauerte es nämlich lange Zeit, bis die Temperatur endgültig erreicht war.

Die mit *a* bezeichneten Kadmium-Elemente zeigen bei 0° keine so gute Uebereinstimmung wie bei Zimmertemperatur; die Abweichungen gehen hier etwa bis zu einem Zehntausendtel vom Mittel. Der Mittelwerth der Elemente steigt bei beiden Serien langsam um etwas weniger als ein Zehntausendtel an.

Besonders wichtig aber ist es, dass keines der neuen 17 Kadmium-Elemente mit 13%-igem Amalgam (Gruppe I und III) bei 0° eine bemerkenswerthe Unregelmässigkeit zeigt von der Art, wie es bei den älteren Elementen mit 14,3%-igem Amalgam der Fall ist.

Bei den älteren Kadmium-Elementen mit 14,3%-igem Amalgam (Gruppe II) ist bemerkenswerth, dass die Elemente, welche schon früher die grösste Abweichung zeigten (Nr. 354 und 368, vgl. *S. 41*), dieselbe Erscheinung wieder ergeben; bei den Reihen 36 bis 47 ist die Abweichung indessen erheblich geringer, als bei der ersten Abkühlung auf 0°. Bei der ersten Serie von 0° ist Nr. 354 etwa 2,0 Tausendtel zu gross, bei der zweiten 1,4, ferner Nr. 368 bei der ersten Serie 1,3, bei der zweiten 0,6 Tausendtel; in beiden Fällen ist die Abweichung bei der zweiten Serie um etwa $^1/_2$ Tausendtel geringer. Element Nr. 354 zeigt in beiden Serien ein Maximum der elektromotorischen Kraft bald nach der Abkühlung auf 0° (ähnlich wie es bei den Clark-Elementen der Fall ist); bei Nr. 368 wächst die elektromotorische Kraft dauernd um einige Zehntausendtel. Die übrigen Elemente der Gruppe II zeigen weit geringere Abweichungen; keines derselben wäre auch bei 0° als unbrauchbar zu bezeichnen. Im Uebrigen zeigen sie sehr verschiedenartiges Verhalten, das aber für dasselbe Element in beiden Serien ziemlich übereinstimmend ist. Die Endwerthe der einzelnen Elemente in Reihe 14 und Reihe 47 sind mit Ausnahme der zwei stark abweichenden Elemente in recht guter Uebereinstimmung (grösste Abweichung 5 Hunderttausendtel).

Zur Ableitung der Mittelwerthe für die verschiedenen Elementengruppen bei 0° wurden die Reihen 4, 5, 6 und 36 aus den bereits erwähnten Gründen ausgeschlossen; ferner wurden hierbei in Gruppe II die abweichenden Elemente Nr. 354 und Nr. 368 nicht benutzt. Die Mittelwerthe der Reihen 7 bis 14 und 37 bis 47 stimmen übrigens sehr nahe überein, wie folgende Zusammenstellung zeigt:

	Reihe 7 bis 14	Reihe 37 bis 47	Mittel
Gruppe I: Kadm.-Elem. (13% Amalg., gesättigte Lös.)	$1{,}01891_5$	889_8	890_5
„ II: „ „ (14,3% „ „ „)	921_7	918_9	920_5
„ III: „ „ (13% „ , ungesättigte „)	872_8	870_9	872_0
„ IV: Clark-Elemente	$1{,}44936_6$	936_5	936_5

Nach der ersten Serie bei 0° wurden die Elemente, so schnell es bei der grossen Wärmekapazität des Apparates möglich war, auf etwa 10° gebracht, was besonders für die bei 0° stark abweichenden Kadmium-Elemente mit 14,3%-igem Amalgam von Interesse war (Reihe 15 und 16). Diese Elemente, Nr. 354 und 368, sind bei 9° bis 10° nur noch 1,5 bezw. 4 Zehntausendtel grösser als der Mittelwerth der Gruppe II. Da Nr. 368 auch bei Zimmertemperatur um etwa 1 Zehntausendtel zu hoch ist, so bleibt

für dieses Element bei etwa 10° noch eine Abweichung von rund 3 Zehntausendtel von der Temperaturformel übrig. Für die meisten Messungen wäre es also als Normal noch gut zu verwenden; für Messungen, welche eine grössere Genauigkeit beanspruchen, ist man übrigens nicht genöthigt, Elemente mit 14,3%-igem Kadmiumamalgam gerade bei 10° zu benutzen, sondern man wird sie besser auf Zimmertemperatur bringen, bei der sie sich völlig normal verhalten. Die Frage, von welcher Temperatur an die stark abweichenden Elemente zu gebrauchen sind, lässt sich natürlich nicht scharf entscheiden, da dies von dem verlangten Grad der Genauigkeit abhängt und da die Abweichungen mit wachsender Temperatur sich stetig der Null nähern. Auch wird man in solchen Fällen als Normalwerth das Mittel mehrerer Elemente wählen, wobei derartige Unregelmässigkeiten bedeutend verringert werden. In diesem Fall ist z. B. der Mittelwerth der 8 Elemente mit 14,3%-igem Amalgam bei 10° nur um etwa 1 Zehntausendtel höher als der von Gruppe I. Die übrigen Elemente der Gruppe II zeigen bei 10° ebenfalls nur noch geringe Abweichungen vom Mittelwerth, wenn man ihre Abweichung bei Zimmertemperatur noch in Rücksicht zieht.

Das Element Nr. 368 ist bereits im Jahre 1896 eingehend bei verschiedenen Temperaturen untersucht worden (von −16° bis +40°). Es zeigte früher ein ähnliches Verhalten bei tieferen Temperaturen wie jetzt; durch Erwärmen desselben auf über 40° war es damals gelungen, das Element bei 0° normal zu erhalten, doch wurde es nachher von selbst wieder anomal.

Für die Berechnung der Resultate wurde nur Reihe 16 benutzt, da Reihe 15 zu schnell nach der Temperaturerhöhung beobachtet wurde und da auch die Temperaturänderung während der Reihe ziemlich erheblich war (etwa 0,4°). In den folgenden Reihen 17 bis 31 wird die Temperatur in kleineren Stufen allmählich bis auf etwa 30° erhöht, dann wird in den Reihen 32 bis 35 nochmals bei Zimmertemperatur gemessen.

Für die Kadmium-Elemente wurden die Reihen 29 und 33, da sie unvollständig sind, ausgeschlossen; für die Clark-Elemente ebenso die Reihen 23, 29, 32, 33 und 34, die meistens relativ schnell nach der Aenderung der Temperatur des Bades beobachtet wurden. Bei dem grossen Temperaturkoeffizienten (bei 20° etwa 25-mal so gross als derjenige der Kadmium-Elemente mit gesättigter Lösung) und der starken thermischen Nachwirkung der Clark'schen Elemente war in der Auswahl der Reihen eine gewisse Vorsicht geboten.

Die Ausschliessung der Reihen ist bereits vor der Zusammenstellung der Resultate aus inneren Gründen erfolgt. Bei den Clark-Elementen betrifft sie meist die erste der Reihen, die nach einer grösseren Temperaturänderung angestellt war. Man darf annehmen, dass bei der zweiten und den folgenden Reihen der endgültige Werth der elektromotorischen Kraft sicherer erreicht sein wird, besonders da schon eine Zeit lang vor Beobachtung der ersten Reihe einer Temperaturgruppe die Temperatur nach Möglichkeit konstant gehalten wurde. Bei unserer Versuchsanordnung war es allerdings für die hohen Temperaturen nicht möglich, diese von einem zum anderen Tage konstant zu halten; die Temperatur ging in diesem Fall bis zum nächsten Tage wieder um einige Grad zurück.

Uebrigens stimmen auch die ausgeschlossenen Reihen in den meisten Fällen mit dem Formelwerth recht befriedigend, wie man sich aus Tab. 4 im Verein mit den Tab. 5 und 6 überzeugen kann. Nur bei den sofort nach der Temperaturänderung angestellten Reihen ergeben sich grössere Abweichungen (z. B. Reihe 23).

Einige Clark-Elemente zeigen eine besonders starke thermische Nachwirkung; es sind dies die Elemente m_8 und C_I in den Reihen 26 bis 28, 30 und 31, sowie C_I in Reihe 32. Diese Elemente wurden deshalb in den genannten Reihen ausgeschlossen, da sie offenbar ihren richtigen Werth noch nicht angenommen hatten, während sie bei den lange Zeit dauernden Messungen bei 0° kein auffallendes Verhalten zeigten. Ein besonderer Grund hierfür ist nicht recht ersichtlich; vielleicht ist er darin zu suchen, dass die Krystalle fest zusammengewachsen und mit nur wenig Lösung durchfeuchtet waren.

Nach der zweiten Messungsserie bei 0° (Reihe 36 bis 47), die bereits besprochen ist, wurden noch je zwei Reihen bei etwa 5°, 18°, 7° und 3° bis 4° beobachtet, um namentlich noch einige Temperaturen zwischen 0° und 10° zu erhalten. Die letzte Reihe 56 bei Zimmertemperatur wurde am 16. XI. 1900 gemessen, nachdem sich die Elemente längere Zeit auf dieser Temperatur befunden hatten. Zuletzt waren sie am 7. XI. auf 4° abgekühlt und gleich darauf wieder auf Zimmertemperatur gebracht worden.

Für die Mittelbildung sind bei den Kadmium-Elementen der Gruppe II in Reihe 54 und 55 (3° bis 4°) wieder die Elemente Nr. 354 und 368 wegen ihres abnormen Verhaltens bei tieferen Temperaturen ausgeschlossen.

Ebenso wurden in Gruppe IV die Clark-Elemente Nr. 60 und C_I, die auch bei hoher Temperatur eine auffallend grosse thermische Nachwirkung zeigten, in den Reihen 52 bis 54 (7° und 3° bis 4°) nicht zur Mittelbildung herangezogen. Bei dieser Gruppe sind für die späteren Betrachtungen aus den früher bereits angegebenen Gründen die Reihen 50 und 52 bis 55 nicht berücksichtigt worden.

Reihe 56, die nach längerem Verweilen der Elemente auf Zimmertemperatur angestellt ist, gestattet deshalb eine direkte Vergleichung mit den Reihen 1 bis 3.

Die auf 20° C. reduzirten Mittelwerthe sind

für die Elemente a_6 bis a_{10} (Tab. 3)	$1{,}01859_4$
„ „ übrigen Elemente a (Tab. 4, Gr. I)	861_3
Gesammtmittel . . .	$1{,}01860_7$
für die Elemente mit 14,3%-igem Amalgam (Gruppe II) . .	$1{,}01866_6$.

Das Mittel der Elemente der Gruppe II ist also um 6 Hunderttausendtel höher als dasjenige aller mit a bezeichneten Elemente und das Mittel von a_6 bis a_{10} um 1 Hunderttausendtel kleiner als das Gesammtmittel. Dies Resultat ist identisch dasselbe wie bei den Reihen 1 bis 3 (vgl. *S. 65*).

Die Elemente der Tab. 4 haben sich also trotz der wiederholten Abkühlung und Erwärmung zwischen den Temperaturen 0° und 30° gegen die Elemente a_6 bis a_{10} der Tab. 3, die stets auf Zimmertemperatur gehalten wurden, in keiner Weise relativ geändert.

Für eine möglichst scharfe Ermittelung der Temperaturkoeffizienten würde es jedenfalls zweckmässiger sein, eine geringe Zahl von Elementen jeder Sorte unter kontinuirlicher Aenderung der Temperatur aufwärts und abwärts bei genau denselben Punkten zu messen. Uns lag aber gerade daran, eine grosse Zahl von Elementen in ganz unregelmässiger Weise, ähnlich wie dies auch im praktischen Gebrauch der Fall sein wird, grossen Temperaturänderungen zu unterwerfen, um so unter möglichst ungünstigen Umständen die verschiedenen Elementensorten zu studiren. Dieser Gesichtspunkt darf für die folgenden Betrachtungen nicht ausser Acht gelassen werden; übrigens bestätigen unsere Messungen, wie nunmehr gezeigt werden soll, die früher aufgestellten Temperaturformeln in erfreulicher Weise.

Prüfung der früher aufgestellten Temperaturformeln. Die vorstehend ausführlich besprochenen Versuche bei verschiedenen Temperaturen sollen nunmehr dazu dienen, zu prüfen, inwieweit die früher für das Kadmium-Element mit 14,3%-igem Amalgam und für das Clark-Element aufgestellten Temperaturformeln (vgl. *S. 38*) die neueren Versuche darzustellen geeignet sind.

In Tab. 5 sind die Resultate für die verschiedenen Sorten von Kadmium-Elementen zusammengestellt.

Tabelle 5: Kadmium-Elemente.
Zusammenstellung der Resultate.

1	2	3	4	5	6	7	8
Reihe	Temp.	Beobachtet			Berechnet nach der Formel	Abweichungen Beob. — Berechn. 10^{-5} Volt	
		Gruppe III	Gruppe I	Gruppe II		Gr. I [1]	Gr. II [2]
(7 bis 14) (37 bis 47)	0°	1,01872	890_5	920_5	910	-21_5	$+2_5$
(54, 55)	3,67	872_5	896	932	905	-11	$+19$
(48, 49)	5,16	876	893_5	909_5	902	-10_5	-0_5
(52, 53)	6,93	869_5	891	914	898_5	-9_5	$+7_5$
(16)	9,57	881_5	892	903_5	892_5	-2_5	$+3$
(17, 18)	11,47	883_5	889_5	898_5	887_5	0	$+3$
(19)	13,30	885	885_5	893_5	882_5	$+1$	$+3$
(20, 21, 22) (34, 35)	15,87	884_5	876	885_5	874_5	-0_5	$+3$
(1,2,3) (24,25) (50,51) (56)	17,66	885	870_5	876_5	868_5	0	0
(23, 32)	19,71	885_5	862	870_5	861	-1	$+1_5$
(26, 27, 28)	23,46	884	847	851_5	846	-1	-2_5
(30, 31)	29,95	883_5	814_5	816_5	816	-3_5	-7_5

Um das Beobachtungsmaterial übersichtlicher anordnen zu können und um die durch das Zurückbleiben der elektromotorischen Kraft hinter der Temperatur entstehenden Fehler zu verringern, sind alle Versuche gemittelt worden, die nahe bei derselben Temperatur angestellt sind, wie aus Spalte 1 hervorgeht; die durch eine Klammer zusammengefassten Reihen sind dabei besonders gemittelt. Ausgeschlossen wurden nur die Reihen 4 bis 6 und 36 bei 0° und 15 bei 9° aus den bereits auf *S. 67* angegebenen Gründen.

Die Spalte 2 enthält die Mitteltemperatur der in Sp. 1 stehenden Versuchsreihen und in den Spalten 3 bis 5 sind die entsprechenden, aus den Einzelwerthen von Tab. 4 gebildeten mittleren elektromotorischen Kräfte für die Elemente der Gruppen III, I und II aufgeführt. Die nach der eben erwähnten Formel berechneten Werthe bilden die Spalte 6 und in den beiden letzten Spalten findet man die Differenzen der beobachteten und der berechneten Werthe in hunderttausendtel Volt und zwar in Sp. 7 für die neuen Kadmium-Elemente (Gruppe I von Tab. 4), in Spalte 8 für die alten (Gruppe II). Hierbei ist für die Elemente der Gruppe I eine Konstante von + 0,00002 Volt, für diejenigen der Gruppe II eine solche von + 0,00008 Volt in Abzug gebracht; mit anderen Worten, man hat zur *Prüfung der Gültigkeit der Temperaturformel* die Kurve, die sich den beobachteten Werthen am besten anschliesst, mit der durch die Formel gegebenen bei 20° C. zur Deckung gebracht.

Betrachten wir nun zunächst die Abweichungen für die Elemente mit 14,3%-igem Amalgam, *für die allein bisher eine Formel abgeleitet worden ist*, so tritt nur bei einem

[1]) Abzüglich einer Konstanten von 0,00002 Volt.
[2]) Abzüglich einer Konstanten von 0,00008 Volt.

Punkt eine Abweichnng von nahezu 0,0002 Volt zwischen Beobachtung und Formel (bei 3,67°) auf. Bei fast allen andern Punkten liegen die *Abweichungen unter 0,00005 Volt*, eine Uebereinstimmung, wie sie wohl besser kaum erwartet werden konnte. Dass die grösste Abweichung gerade in der Nähe von 0° liegt, hängt natürlich damit zusammen, dass nicht alle Elemente, die ein unregelmässiges Verhalten in der Nähe von 0° zeigen, bei der Mittelbildung ausgeschlossen wurden, sondern nur die beiden am stärksten abweichenden Elemente Nr. 354 und 368.

Für die 13%-igen Elemente (Gruppe I) ergiebt sich das Resultat, dass in dem Bereich von + 10° bis + 30° die Beobachtungen durch die Formel noch besser dargestellt werden, als dies für die vorher besprochenen Elemente der Fall ist. Unter 10° zeigt sich allerdings eine systematische Differenz, die bei 0° aber auch erst 0,0002 Volt erreicht. Wir haben indessen jetzt noch davon abgesehen, aus den Beobachtungen eine das ganze Intervall von 0° bis 30° umfassende neue Formel für die 13%-igen Elemente abzuleiten, da ja in dem praktisch allein wichtigen Intervall die alte Formel vollkommen genügt und wir ausserdem die Temperaturkoeffizienten von Kadmium-Elementen mit verschieden konzentrirten Amalgamen noch ausführlicher zu verfolgen gedenken.

Ueber das Verhalten der Weston'schen Elemente mit bei + 4° C. gesättigter Kadmiumsulfatlösung geht aus der Tab. 5 (Spalte 3) hervor, dass, wie z. Th. bereits bekannt, die Veränderlichkeit der elektromotorischen Kraft mit der Temperatur zwischen + 10° und + 30° ausserordentlich klein ist. Nach tieferen Temperaturen hin nimmt die elektromotorische Kraft für die von uns untersuchten Elemente deutlich ab; allerdings geben hier die Beobachtungen keine glatt verlaufende Kurve. Es scheint so, als wenn die Temperaturkurve für diese Elemente etwa bei Zimmertemperatur ein Maximum hätte.

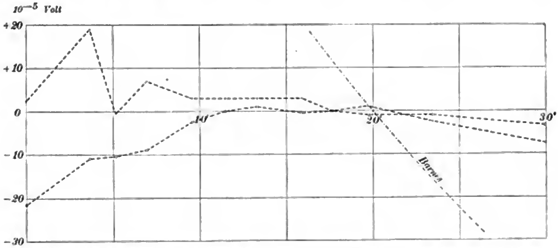


Fig. 2: Kadmium-Elemente. Abweichung der Gruppe I (○) und Gruppe II (+) von der Temperaturformel.

In Fig. 2 sind die beiden letzten Spalten der Tab. 5 in grossem Maassstab als Funktion der Temperatur aufgetragen. Die Temperaturkurve für die im nächsten Abschnitt besprochenen 12%-igen Elemente liegt, soweit man aus den bis jetzt vorliegenden Versuchen schliessen kann, noch etwas tiefer als diejenige der 13%-igen Elemente (vgl. *S. 75*). Es ist ferner die von Hrn. Barnes für das 14,3%-ige Element kürzlich veröffentlichte Temperaturformel[1])

$$E_t = E_{15} - 0{,}000086\ (t - 15°)\ \text{Volt}$$

[1]) *Journ. of phys. Chem. 4. S. 339. 1900.* Die Formel soll zwischen + 15° und + 40° C. gelten.

in Fig. 2 eingezeichnet und somit von Neuem nachgewiesen, dass der Barnes'sche Temperaturkoeffizient mehr als doppelt so gross ist als der richtige Werth.

In ähnlicher Weise wie in Tab. 5 und Fig. 2 sind die Ergebnisse der Messungen bei verschiedenen Temperaturen für das Clark'sche Element in Tab. 6 zusammengestellt und in Fig. 3 aufgetragen.

Tabelle 6: Clark-Elemente.
Zusammenstellung der Resultate.

1	2	3	4	5
Reihe	Temp.	Beobachtet Gruppe IV	Berechnet nach der Formel	Abweichung[1]) Beob.-Berechn. 10^{-5} Volt
(7 bis 14) (37 bis 47)	0°	1,44936	[4921]	[+ 4]
(48, 49)	5,16	4389	4383	− 5
16	9,57	3918	3906	+ 1
17	11,22	3726	3720	− 5
18	11,73	3666	3662	− 7
19	13,30	3488	3480	− 3
(21, 22), 35	15,93	3176	3168	− 3
20	16,50	3120	3100	+ 9
51	17,16	3029	3020	− 2
(25, 56) (1, 2, 3)	17,53	2988	2974	+ 3
24	17,82	2955	2939	+ 5
28	22,96	2301	2288	+ 2
(26, 27)	23,71	2205	2190	+ 4
(30, 31)	29,95	1357	1345	+ 1

Die Gesichtspunkte, die hierbei zum Ausschluss noch einiger anderer Reihen als wie bei den Kadmium-Elementen führten, sind *S. 68* ausführlich auseinandergesetzt. Auch ist die Gruppirung der Reihen in Tab. 6 naturgemäss eine etwas andere als in Tab. 5, da Versuche bei einander nahe liegenden Temperaturen, die für die Kadmium-Elemente unbedenklich gemittelt werden konnten, hier einzeln aufgeführt werden mussten (vgl. z. B. die Reihen 17 und 18).

In der Spalte 5 von Tab. 6 sind wieder die Differenzen „Beob. minus Berechn." mitgetheilt unter Abzug einer Konstanten von $11 \cdot 10^{-5}$ Volt, um die Formelkurve mit der die Beobachtungen am besten darstellenden Kurve bei 15° C. zur Deckung zu bringen.

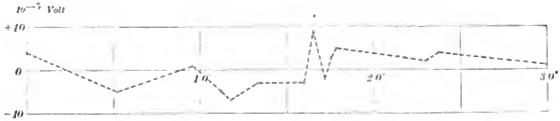


Fig. 3: Clark-Elemente. Abweichung von der Temperaturformel.

Der Punkt 0° ist nicht direkt nach der auf *S. 38* aufgeführten Formel für das Clark-Element, sondern unter Benutzung der beobachteten Differenz Cl 0° — Cl 15° = 0,01641 Volt (vgl. *S. 77*) und dem Werth 1,4328, für 15° berechnet, da hierdurch für diesen Punkt eine richtigere Zahl erhalten wird als nach der Formel. Von 5° ab ist die letztere zu Grunde gelegt, wodurch allerdings eine kleine Diskontinuität her-

[1]) Abzüglich einer Konstanten von 0,00011 Volt.

vorgerufen wird, die aber bei der Temperatur von 5° wenige Hunderttausendtel nicht übersteigen kann (vgl. hierzu Jaeger und Kahle, *a. a. O. S. 170*).

Es ist nicht zu verwundern, dass die Abweichungen zwischen Beobachtung und Formel bei den Clark-Elementen etwas grösser sind und unregelmässiger verlaufen als bei den Kadmium-Elementen. Immerhin kann auch hier die Uebereinstimmung, da nirgends der Betrag von 0,0001 Volt erreicht wird, als sehr befriedigend bezeichnet werden.

Verhältniss von Clark- zu Kadmium-Elementen. Zum Schluss seien noch die Verhältnisszahlen zusammengestellt, die aus den in diesem Abschnitt beschriebenen Versuchen für die Beziehung des Clark-Elements zu den Kadmium-Elementen folgen.

Es ergiebt sich unter Benutzung der Tab. 5 und 6 das Mittel

der 13%-igen Kadmium-Elemente bei 20° zu	1,01862 Volt
„ 14,3% „ „ „ „ „	1,01868 „
Mittel	1,01865 Volt
„ Clark-Elemente bei 0° . . . . . zu	1,44936 „
„ „ „ „ 15° . . . . . . „	1,43291 „

also

$$Cl\,0^\circ : Cd\,20^\circ = 1{,}42282$$
$$Cl\,15^\circ : Cd\,20^\circ = 1{,}40667_5$$
$$Cl\,0^\circ - Cl\,15^\circ = 0{,}01645 \text{ Volt.}$$

III. Herstellung von neuen Elementen Ende 1900.

Ende November 1900 stellten wir die folgenden 40 H-förmigen Kadmiumsulfat-Elemente (mit Ueberschuss an Krystallen) her:

1. 20 Elemente (b_1 bis b_{20}) mit 13%-igem Kadmium-Amalgam (13 Th. Cd in 100 Th. Amalgam);
2. 20 Elemente (β_1 bis β_{20}) mit 12%-igem Amalgam.

Abgesehen vom Gehalt des Kadmium-Amalgams wurden die 40 Elemente vollständig identisch zusammengesetzt.

Die Elemente mit 12%-igem Amalgam sollten dazu dienen, weitere Erfahrungen über das Verhalten verschieden konzentrirter Kadmium-Amalgame, namentlich in der Nähe von 0°, zu sammeln. Die Wahl dieses Amalgams war um so unbedenklicher, als nach den früheren Untersuchungen (vgl. *S. 34*) die elektromotorische Kraft des Elements bei gewöhnlicher Temperatur hierdurch nicht merkbar beeinflusst werden konnte, während andererseits zu erwarten war, dass die innere Uebereinstimmung der Elemente eine eben so gute sein würde, als für diejenigen mit 13%-igem Amalgam. Die im Folgenden beschriebenen Versuche liefern dafür eine vollkommene Bestätigung.

Diese Versuche beschränken sich auf die mehrmalige Vergleichung der Elemente unter einander *bald nach ihrer Zusammensetzung* bei Zimmertemperatur und auf ihr Verhalten bei 0°. Es ist für später in Aussicht genommen, den Temperaturkoeffizienten der Elemente mit 12%- und 13%-igem Amalgam unter Zuziehung von noch verdünnteren Amalgamen bis zum Gefrierpunkt der Kadmiumsulfatlösung (etwa — 16° C.) hinab zu verfolgen, um festzustellen, ob der bei 0° gefundene Unterschied in der elektromotorischen Kraft beider Elementensorten (vgl. Tab. 10) sich in tieferen Temperaturen noch vergrössert. Hier kam es nur darauf an, die im vorigen Abschnitt bereits bewiesene Thatsache nochmals an Hand einer grossen Zahl von neu hergestellten Elementen zu bestätigen, dass nämlich die in der Nähe von 0° auftretenden Unregelmässigkeiten lediglich durch eine zu hohe Konzentration des Kadmium-Amalgams bedingt sind.

Wie aus Tab. 7 hervorgeht, die in ihrer Einrichtung und Bedeutung vollkommen der Tab. 3 entspricht, sind auch die Messungen dieses Abschnitts auf dasselbe Normal bezogen, wie die des vorigen, d. h. auf den Mittelwerth der Elemente a_6 bis a_{10}, die sich in einem besonderen kleinen Petroleumbad befanden. Die zu messenden Elemente b_1 bis b_{20} und β_1 bis β_{20} waren, eng zusammengedrängt, in einem geräumigeren Petroleumbad untergebracht, dessen Flüssigkeit durch zwei kräftige Turbinenrührer durcheinander gemischt und dessen Temperatur an zwei Thermometern abgelesen wurde.

Die Tab. 8 enthält, in 4 zwei Monate umfassenden Reihen, die *Messungen bei Zimmertemperatur.*

Tabelle 7: Elemente a_6 bis a_{10}
bei Zimmertemperatur.

Reihe	1	2	3	9
Temp.	18,6	16,6	18,7	19,8
a_{10}	1,01 865	872	865	861
a_9	863_5	871	864	860
a_8	865	872_5	864_5	860
a_7	866_5	875	866	861
a_6	866	874	865	860
Mittel	1,01 865_2	872_9	864_9	860_4
auf 20° C. reduzirt	1,01 860_1	860_7	860_1	859_6

Tabelle 8: Elemente b_1 bis b_{20} und β_1 bis β_{20}
bei Zimmertemperatur.

Elemente mit 13%-igem Amalgam					Elemente mit 12%-igem Amalgam				
Reihe	1	2	3	9	Reihe	1	2	3	9
Zeit	28. XI. 00	3. XII. 00	15. XII. 00	31. I. 01	Zeit	28. XI. 00	3. XII. 00	15. XII. 00	31. I. 01
Temp.	18,2°	17,2°	18,9°	19,9°	Temp.	18,3°	17,3°	19,0°	19,9°
b_1	1,01 901	902_5	892	884	β_1	1,01 898	900_5	889	881
b_2	900	901_5	891	883_5	β_2	896_5	899	888	880_5
b_3	899_5	901	890_5	883	β_3	896	899	888	880_5
b_4	900_5	902	891_5	883	β_4	894	896_5	886	879
b_5	898	900	890	882	β_5	896	898	887	880
b_6	899	900	890	882	β_6	894	896_5	886	879
b_7	899	901	891	882_5	β_7	895	897_5	886_5	880
b_8	900	901	891	882_5	β_8	894	897	886	880
b_9	896_5	899	890	881	β_9	895	898	886_5	880
b_{10}	898	901	890	881_5	β_{10}	896_5	899	887_5	881
b_{11}	898	901	890	882	β_{11}	896	898	887	880
b_{12}	898	901	890	881_5	β_{12}	895_5	897_5	887	880
b_{13}	898_5	901	891	882	β_{13}	896_5	898	887_5	880
b_{14}	900	902	891_5	882	β_{14}	896	898	887_5	880
b_{15}	900	901_5	892	882	β_{15}	895_5	898	887	880
b_{16}	898	900	890	881_5	β_{16}	897	899	887_5	880_5
b_{17}	896	899_5	889_5	881_5	β_{17}	896_5	899	887_5	880_5
b_{18}	897_5	900	889_5	881	β_{18}	899	900_5	888_5	880_5
b_{19}	898	901	890_5	882_5	β_{19}	897	899	887_5	880
b_{20}	897	899_5	889_5	881	β_{20}	897	899	887	880
Mittel	1,01 898_6	1,01 900_8	1,01 890_5	1,01 882_1	Mittel	1,01 896_0	1,01 898_4	1,01 887_2	1,01 880_1
auf 20° C. reduzirt	1,01 891_9	1,01 890_0	1,01 886_3	1,01 882_1	auf 20° C. reduzirt	1,01 889_7	1,01 887_9	1,01 883_4	1,01 880_1

Die erste Messungsreihe am 28. XI. fand etwa 8 Tage nach dem Zusammensetzen der Elemente statt. Eine Diskussion der Beobachtungen bei gewöhnlicher Temperatur soll erst nach der Besprechung der Versuche bei 0° stattfinden.

Für die *Messungen bei 0°* wurde wieder der in Fig. 1, *S. 42* abgebildete Apparat benutzt. Da der Zinkkasten *a* nicht Raum genug bot für die gleichzeitige Untersuchung aller Elemente (ausser den oben erwähnten 40 Elementen wurden noch etwa 20 Versuchselemente bei 0° gemessen, auf die hier nicht näher eingegangen wird), so mussten die Beobachtungen in zwei Gruppen A und B vom 9. I. bis 12. I. bezw. vom 16. I. bis 21. I. 1901 vorgenommen werden (Tab. 10). Bei der Messung am 9. I. standen die Elemente seit etwa 48 Stunden, bei der vom 16. I. seit etwa 50 Stunden in Eis.

Für die Gruppe A wurde als Normal in der gewöhnlichen Weise der Mittelwerth von a_{10} bis a_6 unmittelbar benutzt (vgl. Tab. 9). Bei der Gruppe B dagegen hielten wir es für räthlich, die Elemente a_{10} bis a_6 selbst auf 0° zu bringen, einmal um die Zahl der bei 0° untersuchten Elemente noch um 5 Stück zu vermehren, hauptsächlich aber, um allen Einwänden zu begegnen, da ja diese 5 Elemente die Messungsgrundlage fast der ganzen Arbeit bilden.

Bei der Gruppe B wurde deshalb zunächst das Mittel aus den auf Zimmertemperatur befindlichen Elementen a_5 bis a_1 als Normal benutzt (vgl. Tab. 9). Durch vier besondere Vergleichsreihen, deren Mittheilung hier unterbleiben kann, ergab sich, dass das Mittel aus a_5 bis a_1 um $1{,}5 \cdot 10^{-5}$ Volt höher war als das Mittel aus a_{10} bis a_6[1]). Diese sehr kleine Korrektion ist bei den auf 20° reduzirten Mitteln von Gruppe B der Tab. 9 berücksichtigt, sodass auch die reduzirten Mittelwerthe der Gruppe B in Tab. 10 sich auf den allen übrigen Messungen zu Grunde liegenden Normalwerth beziehen.

Aus den Tab. 8 und 10 ergeben sich nun die folgenden Resultate:

Die Uebereinstimmung der neu hergestellten Elemente unter einander bei Zimmertemperatur ist eine ebenso gute, wie sie früher an Elementen mit 13%-igem Amalgam beobachtet worden war, d. h. die Abweichungen vom Mittel übersteigen nicht 1 bis 2 hunderttausendtel Volt (vgl. z. B. Tab. 8 Reihe 9).

Dabei unterscheidet sich die elektromotorische Kraft der 12%-igen Elemente von der der 13%-igen bei Zimmertemperatur nicht mehr, als die Elemente einer Sorte von einander abweichen. Der Mittelwerth der ersteren ist zwei Monate nach der Herstellung um 0,00002 Volt niedriger, als derjenige der 13%-igen Elemente.

Bei 0° zeigt keines der in Tab. 10 aufgeführten 45 Elemente ein anomales Verhalten. Die Uebereinstimmung ist vielmehr eine ähnlich gute wie bei Zimmertemperatur. Indessen haben die 12%-igen Elemente bei 0° eine etwas grössere Differenz gegen die elektromotorische Kraft der gleichzeitig hergestellten 13%-igen als bei Zimmertemperatur, nämlich im Mittel sind sie etwa um 0,00009 Volt kleiner.

Eine bisher noch nicht erwähnte Erscheinung fällt indessen bei Betrachtung der Tab. 8 sofort auf, nämlich die Thatsache, dass die Ende 1900 hergestellten Elemente bei Zimmertemperatur eine anfänglich um 0,0003 Volt *höhere* elektromotorische Kraft zeigen, als der den Messungen zu Grunde liegende Mittelwerth $1{,}01\,860_0$ bei 20° C. (vgl. die reduzirten, auf 20° bezogenen Mittel von Tab. 8). Innerhalb der zwei ersten Monate findet aber bereits eine deutliche Abnahme statt, sodass die Elemente am 31. I. 1901 nur noch um 0,0002 Volt zu hoch waren. Bei der etwa zehnmal so grossen

[1]) Die Reihen 1 bis 3 und 56 der Tab. 4 geben identisch dasselbe Resultat für diese Beziehung.

Tabelle 9: Elemente a_1 bis a_{10}
bei Zimmertemperatur.

Gruppe A			Gruppe B			
Reihe	4	5	Reihe	6	7	8
Zeit	9. I. 01	12. I. 01	Zeit	16. I. 01	19. I. 01	21. I. 01
Temp.	19,2°	18,6°	Temp.	18,5°	16,8°	15,6°
a_{10}	1,01 863	865	a_5	1,01 865_5	871_5	875_5
a_9	861_5	864	a_4	868_5	875	880
a_8	861_5	863_5	a_3	868	875	880
a_7	863	865	a_2	868_5	875	880
a_6	862	864	a_1	868	875	880
Mittel	1,01 862_4	864_3	Mittel	1,01 867_7	874_3	879_1
auf 20° C. reduzirt	1,01 859_2	859_2	auf 20° C. reduzirt	1,01 863_7	864_3	865_1

Tabelle 10: Elemente b_1 bis b_{20}, β_1 bis β_{20} und a_6 bis a_{10}
bei 0°.

Gruppe A.					
Reihe	4	5	Reihe	4	5
Zeit	9. I. 01	12. I. 01	Zeit	9. I. 01	12. I. 01
Temp.	0°	0°	Temp.	0°	0°
b_1	1,01 929_5	928_5	β_6	1,01 916_5	916
b_2	925_5	924	β_7	916_5	916
b_3	932	928	β_8	915	916
b_4	929_5	928	β_9	915	915
b_5	922	921	β_{10}	916	916
b_6	929_5	927	β_{11}	918	918
b_7	923_5	922	β_{12}	915	916
b_8	930_5	929	β_{13}	916_5	917
b_9	927	925	β_{14}	917	917
b_{10}	927	925	β_{15}	915	916
b_{11}	929_5	927_5	β_{16}	918	918
b_{12}	922	922	β_{17}	916_5	917
b_{13}	929	927	β_{18}	915	916
b_{14}	927	926	β_{19}	909_5	913
b_{15}	926	925	β_{20}	917	917
Mittel	1,01 927_3	925_7	Mittel	1,01 915_8	916_3
Reduz.	1,01 928_1	926_5	Reduz.	1,01 916_6	917_1

Gruppe B			
Reihe	6	7	8
Zeit	16. I. 01	19. I. 01	21. I. 01
Temp.	0°	0°	0°
a_6	1,01 890_5	892	893
a_7	890	892	893
a_8	882	885	887
a_9	880_5	885	886
a_{10}	876	881	882_5
Mittel	1,01 883_8	887_0	888_3
Reduz.	1,01 880_1	882_7	883_3
β_1	1,01 920	921	921_5
β_2	920	921	921
β_3	920	921	921
β_4	917_5	919	920
β_5	918	919	920
Mittel	1,01 919_1	920_2	920_7
Reduz.	1,01 915_4	915_9	915_6
b_{16}	1,01 926	926	928
b_{17}	922	924	925
b_{18}	925	926	927
b_{19}	927	927	928_5
b_{20}	918_5	921	922
Mittel	1,01 923_7	924_8	926_1
Reduz.	1,01 920_0	920_5	921_0

relativen Uebereinstimmung der neuen Elemente unter einander musste eine systematische Ursache vorliegen, deren Aufdeckung uns lange Zeit beschäftigte. Durch Versuche, deren Mittheilung bei späterer Gelegenheit erfolgen soll, haben wir nachgewiesen, dass die zu hohe elektromotorische Kraft allein durch das Merkurosulfat bedingt wird. Zwei Sorten dieses Salzes (die eine von C. A. F. Kahlbaum in Berlin

die andere von E. Merck in Darmstadt) verhielten sich, obwohl sie beide sehr rein waren, elektromotorisch verschieden. Versuchselemente, die mit dem Merck'schen Merkurosulfat zusammengesetzt waren, zeigten, *unmittelbar nach der Zusammensetzung gemessen* (etwa $\frac{1}{2}$ Stunde bis 1 Stunde), in mehreren Fällen um über 1 Millivolt zu hoch. Diese Abweichung verminderte sich aber so rasch, dass nach ungefähr einer Woche die elektromotorische Kraft den Normalwerth nur noch um etwa 3 bis 4 Zehntausendtel übertraf. Die Erscheinungen an den Versuchselementen decken sich also vollkommen mit den Erfahrungen, die an den Elementen b_1 bis b_{20} bezw. β_1 bis β_{20} (mit Merck'schem Merkurosulfat) beobachtet wurden. Bei diesen betrug ja ebenfalls bei der ersten Messung, die wie erwähnt, eine Woche nach dem Zusammensetzen stattfand, die Abweichung 0,0003 Volt. Es ist anzunehmen, dass die Differenz in einigen Monaten ganz verschwunden sein wird. Das Kahlbaum'sche Merkurosulfat gab dagegen unmittelbar nach der Herstellung sofort nahezu normale Werthe. Hierdurch erklärt sich, dass diese interessante Erscheinung nicht schon im Vorjahre bei der Anfertigung der Elemente a_1 bis a_{17} u. s. w. beobachtet wurde. Damals verwendeten wir Kahlbaum'sches Merkurosulfat; überdies fand die erste Messungsreihe erst 4 Monate nach der Zusammensetzung statt, sodass selbst bei Verwendung des anderen Salzes die Elemente schon wahrscheinlich nahe den definitiven Werth gehabt hätten.

Wir beabsichtigen auf diesem Gebiet noch weitere Versuche anzustellen, um eine endgültige Erklärung für das besprochene Verhalten zu finden, das von anderer Seite an Clark-Elementen ebenfalls schon beobachtet worden ist[1]).

IV. Zusammenstellung der Resultate.

Die in den einzelnen Abschnitten gefundenen Resultate seien hier kurz zusammengestellt und, soweit dies nicht schon geschehen ist, mit den früher in der Reichsanstalt erhaltenen Ergebnissen verglichen.

1. *Verhältniss der elektromotorischen Kraft des Clark-Elementes zu der des Kadmium-Elementes mit gesättigter Lösung.* Die Tab. 11 enthält die seit März 1896 für die Beziehung beider Elementen-Gattungen auf einander gefundenen Zahlen. Die beiden letzten Reihen sind dieser Mittheilung entnommen (*S. 39 u. 73*), die anderen den früheren Veröffentlichungen der Reichsanstalt.

Tabelle 11.

Nr.	Zeit	Gewicht d. Beob.	Clark 0° / Kadmium 20°	Clark 15° / Kadmium 20°	Clark 0° — Clark 15° Volt	Beobachter
1	März 1896	1	1,4227	1,4066	0,0164	Jaeger, Wachsmuth
2	Jan. 1897	2	1,42277	1,40676	0,01631	Jaeger, Kahle
3	Nov. 1897	3	280	660	650	" "
4	Okt. 1899	3	283	679	634	Lindeck
5	Dez. 1900	3	282	667$_5$	615	Jaeger, Lindeck
Gesammtmittel			1,42280	1,40669	0,01641	
früheres Mittel (Nr. 1 bis 3)			1,42277	1,40665	0,01642	

[1]) Vgl. K. Kahle, *diese Zeitschr.* **13.** *S. 299. 1893;* die von Lord Rayleigh früher (*Phil. Trans.* **176.** *S. 786. 1886*) gefundenen Abweichungen der elektromotorischen Kraft von Clark-Elementen kurze Zeit nach dem Zusammensetzen, die aber Beträge bis zu 2% erreichen, hängen zum Theil wohl mit den von uns beobachteten Erscheinungen zusammen.

Die Uebereinstimmung darf als eine sehr gute bezeichnet werden, da keine Abweichung der einzelnen Verhältnisszahlen vom Mittelwerth ein Zehntausendtel erreicht. Hierbei ist noch zu bedenken, dass die obigen Zahlen von mehreren Beobachtern zu verschiedenen Zeiten, jedesmal in anderer Versuchsanordnung und immer wieder an anderen Elementen verschiedenen Alters erhalten wurden.

Unter dem Gesammtmittel ist auch das Mittel aus den drei ersten Reihen aufgeführt, wie es früher angegeben war; die damals den Reihen beigelegten Gewichte sind beibehalten und den beiden neuen Reihen sind ebenfalls die Gewichte 3 gegeben worden. Die Differenz der beiden Mittelwerthe ist geringer als 3 Hunderttausendtel. Auf dem älteren Mittelwerth des Verhältnisses Clark 0° / Kadmium 20° (1,42277) beruhen die auf *S. 38* mitgetheilten Formelwerthe für das Clark-Element bei 15° (1,4328 Volt) und das Kadmium-Element mit Ueberschuss an Krystallen bei 20° (1,0186 Volt).

2. Die früher aufgestellten *Temperaturformeln* für das Clark-Element und das Weston'sche Kadmium-Element (mit 14,3 %-igem Amalgam und gesättiger Lösung) sind so vollkommen bestätigt worden, als es irgend erwartet werden konnte.

3. Selbst diejenigen Kadmium-Elemente mit 14,3 %-igem Amalgam, die in der Nähe von 0° besonders stark vom Normalwerth abweichen, sind von etwa + 10° ab als Normalelemente wieder brauchbar.

4. Kadmium-Elemente, die mit 13 %- bezw. 12 %-igem Amalgam zusammengesetzt sind, zeigen, auch wenn sie mehr als eine Woche lang auf 0° waren, keine irgendwie in Betracht kommenden Unregelmässigkeiten. Diese Thatsache ist aus Versuchen an *nahezu 80 Elementen abgeleitet. Diese Elemente sind also bis auf 0° herab als Normalelemente brauchbar.*

Hierdurch ist der bindende Beweis geliefert, dass die Unregelmässigkeiten im Verhalten von Elementen mit 14,3 %-igem Amalgam in der Nähe von 0° nichts mit einer etwaigen Umwandlung des Kadmiumsulfats zu thun haben, also nicht analog sind den beim Clark-Element nachgewiesenen Umwandlungserscheinungen[1]), sondern dass sie nur auf das noch nicht genügend aufgeklärte Verhalten des 14,3 %-igen Kadmiumamalgams zurückzuführen sind. Auf die Thatsache, dass das Verhalten des Amalgams bei diesen Unregelmässigkeiten der Kadmium-Elemente die Hauptrolle spielt, hat Hr. E. Cohen zuerst hingewiesen.

Ohne an dieser Stelle nochmals auf die weniger wichtigen Ergebnisse der vorstehenden Untersuchung einzugehen, ziehen wir aus ihr in Uebereinstimmung mit den früheren Veröffentlichungen der Reichsanstalt über diesen Gegenstand den Schluss:

Das Weston'sche Kadmium-Element ist in hervorragender Weise als Normalelement brauchbar[2]).

Demgegenüber kommt Hr. E. Cohen in seiner eingangs erwähnten Veröffentlichung zu den folgenden Schlüssen[3]):

1. „Kadmiumsulfat ($CdSO_4$, $^8/_3\,H_2O$) kann unterhalb 15° in zwei verschiedenen Modifikationen auftreten."

---

[1]) Vgl. z. B. W. Jaeger, *Wied. Ann.* **63.** *S. 354. 1897.*

[2]) In Bezug auf die von der Weston Co. ausgegebenen Kadmium-Elemente sei auf den Thätigkeitsbericht der Reichsanstalt vom Jahre 1899 (*diese Zeitschr.* **20.** *S. 175. 1900*) und den in den nächsten Heften erscheinenden Bericht vom Jahre 1900 verwiesen.

[3]) *Zeitschr. f. phys. Chem.* **34.** *S. 631. 1900*; eine kurze Erwiderung hierauf haben wir *ebenda* **35.** *S. 98. 1900* und *Ann. d. Physik* **3.** *S. 366. 1900* veröffentlicht.

2. „Kadmiumamalgam (14,3% Cd) kann unterhalb 23° in zwei verschiedenen Modifikationen bestehen."

3. „Bei 0,0° besteht zwischen den beiden Formen des Kadmiumamalgams eine Potentialdifferenz von 5 Millivolt."

4. „Das Weston-Kadmiumelement, sowohl die von der Reichsanstalt studirte Form, wie diejenige der European Weston Electrical Instrument Co. sind unterhalb 23° **metastabile** Gebilde, welche sich spontan in den stabilen Zustand umwandeln können.

Da diese Umwandlung von einer namhaften Aenderung der E. K begleitet wird, sind diese Elemente unbrauchbar als Normalelemente."

5. „Die Untersuchungen der Reichsanstalt sind an metastabilen Weston-Elementen ausgeführt worden, und die Temperaturformel, von Jaeger und Wachsmuth gegeben, bezieht sich also bis 23° auf die metastabilen Westonelemente, während dieselbe von 23° an auch für die stabile Form Gültigkeit besitzt."

Hierzu sei zunächst bemerkt, dass Hr. Cohen den im Original ebenfalls durch den Druck besonders hervorgehobenen Passus 4 bereits zurückgezogen hat[1]), da bei der Deutung seiner Versuche ein Versehen untergelaufen ist.

Der von ihm als metastabil bezeichnete Zustand müsste nämlich nach Hrn. Cohen's eigenen Beobachtungen als *stabil* bezeichnet werden, worauf er von Hrn. Dr. W. Böttger in Leipzig aufmerksam gemacht worden ist. Hierdurch verlieren die Schlussfolgerungen von Nr. 4 und 5 jede Bedeutung[2]).

Ueber die anderen Punkte ist noch Folgendes zu bemerken:

Zu 1. Falls man sich auf den Standpunkt der Hrn. Kohnstamm und Cohen stellt, dass die von ihnen beobachteten Unregelmässigkeiten in der Löslichkeit des Kadmiumsulfats einen Beweis für die Existenz zweier Modifikationen dieses Salzes unterhalb 15° bilden[3]), so reicht dies, wie Hr. Cohen übrigens *a. a. O.* jetzt selbst zugiebt[4]), nicht hin, um praktisch in Betracht kommende Aenderungen der elektromotorischen Kraft des Kadmiumelements — auch nicht bei 0° — zu erklären.

In Uebereinstimmung damit haben unsere Versuche an Elementen mit 13%-igem Amalgam (die von den grossen, bei 14,3%-igem Amalgam manchmal auftretenden Störungen frei sind) keine irgendwie in Betracht kommende Abweichung der Temperaturkurve vom regelmässigen Verlauf ergeben, die auf eine bei 15° C. stattfindende Umwandlung des Kadmiumsulfats hinwiese.

[1]) Bis jetzt nur veröffentlicht in den Berichten der Amsterdamer Akademie (Sitzung vom 24. Nov. 1900).

[2]) Es sei noch darauf hingewiesen, dass Hr. Cohen seine Schlüsse auch auf die Elemente der Weston Co. ausdehnt, ohne zu beachten, dass diese Elemente gar kein 14,3%-iges Amalgam enthalten, auf das allein sich die Versuche des Hrn. Cohen beziehen.

[3]) *Wied. Ann.* **65.** *S. 344. 1898.* Die dort gezeichnete Löslichkeitskurve des Kadmiumsulfats giebt die Beobachtungen nicht ganz richtig wieder, sodass man ein unzutreffendes Bild von der Aenderung der Löslichkeit mit der Temperatur erhält.

[4]) Vgl. hiermit den Wortlaut des Resultats, zu dem die Hrn. Kohnstamm und Cohen in der oben erwähnten Arbeit kommen: „Auf verschiedenen Wegen ist im Obigen nachgewiesen, dass die Abweichungen, welche Jaeger und Wachsmuth im Temperaturkoeffizienten des Normalelementes von Weston gefunden haben, der Umwandlung zuzuschreiben ist, welche das $CdSO_4$, $^8/_3\,H_2O$ bei etwa 15° erleidet. Für den praktischen Gebrauch des Elementes ergiebt sich daraus die Vorschrift, dasselbe stets oberhalb dieser Temperatur zu benutzen, wenn man sich vor den erwähnten Abweichungen schützen will. Wird diese Vorschrift befolgt, so besitzt man in dem Weston-Element ein Normalelement, welches gewiss in jeder Hinsicht dem Clark-Element vorzuziehen ist."

Die von Hrn. Cohen als Stütze für die Umwandlungserscheinungen des Kadmiumsulfats bei 15° herangezogene Untersuchung von Hrn. Barnes (*a. a. O.*) sind ebenfalls an Elementen mit 14,3%-igem Amalgam angestellt und die dort beobachteten Unregelmässigkeiten beruhen offenbar auf dem Verhalten des Amalgams und haben mit der Umwandlung des Sulfats nichts zu thun. Nachdem jetzt Hr. Cohen selbst den Grund der Unregelmässigkeiten im Verhalten des Kadmiumamalgams erkannt hatte, durfte er also die Versuche von Hrn. Barnes nicht mehr zu obigem Zweck heranziehen.

Zu 2. und 3. Die Behauptung von Hrn. Cohen, dass das Kadmiumamalgam unterhalb 23° in zwei verschiedenen Modifikationen bestehen kann, beruht auf einigen Versuchen an einem einzigen Element. Wie in einer kürzlichen Veröffentlichung der Reichsanstalt (vgl. *S. 41*) nachgewiesen ist, erreichen die Unregelmässigkeiten bei 14,3%-igem Amalgam durch Abkühlung auf 0° die verschiedensten Beträge. In den vorstehenden Untersuchungen ist ferner gezeigt, dass nicht einmal dasselbe Element, wenn es wiederholt auf 0° gebracht wird, stets dieselben Abweichungen ergiebt. Für andere Elemente würde Hr. Cohen vermuthlich andere Temperaturgrenzen gefunden haben, unterhalb deren eine merkbare Abweichung vom normalen Verhalten auftritt. Die Folgerungen des Hrn. Cohen haben also nur für das von ihm untersuchte Amalgam in einem speziellen Fall Geltung und hätten nicht in so allgemeiner Form ausgesprochen werden dürfen. Immerhin haben seine Versuche gezeigt, dass die in der Reichsanstalt zuerst beobachteten Unregelmässigkeiten[1]) von Kadmium-Elementen mit 14,3%-igem Amalgam in der Nähe von 0° auf das Verhalten des Kadmium-Amalgams zurückzuführen sind.

Wie im Eingang unserer Arbeit erwähnt, hat die Reichsanstalt bereits im Jahre 1898 darauf hingewiesen, dass das 14,3%-ige Amalgam vortheilhaft durch etwas verdünnteres zu ersetzen ist, und hat deshalb bei der Neuherstellung von Elementen im Jahre 1899, also ein Jahr vor der Veröffentlichung der Versuche des Hrn. Cohen, 13%-iges Amalgam benutzt. Nachdem unsere vorstehenden Untersuchungen nunmehr den Beweis geliefert haben, dass solche Elemente mit verdünnterem Amalgam (13 und 12%) alle Vorzüge der früher in der Reichsanstalt untersuchten Kadmium-Elemente ohne ihre Nachtheile besitzen, kann ein Zweifel über die vorzügliche Brauchbarkeit des Weston'schen Kadmiumelementes als Normalelement nicht mehr bestehen.

Charlottenburg, im Februar 1901.

[1]) Jaeger und Wachsmuth, *Wied. Ann.* **59.** *S. 583. 1896.*

Ueber die Vortheile der Anwendung von Instrumenten mit Dämpfung für die Erdbebenforschung.

Von
Dr. **O. Hecker** in Potsdam.

Bei allen Messungen, bei denen es sich um die Bestimmung einer variabeln Grösse handelt, ist es von grossem Vortheil, etwaige Eigenschwingungen der Instrumente soweit als möglich zu beseitigen. Dieses erkannte schon Seebeck im Jahre 1826, der wohl zuerst auf die Bedeutung hinwies, die die Dämpfung der Magnetnadel für die Messung inkonstanter elektrischer Ströme hat.

Aehnlich liegen die Verhältnisse in der Seismometrie. Auch hier hat man es nicht mit konstanten Grössen zu thun, sondern die Erdbebenwellen verändern fortwährend ihre Grösse und Richtung und die messenden Instrumente, deren wesentlichste Vertreter die Horizontalpendel und die langen Vertikalpendel sind, erhalten immer neue Impulse. Aber bereits nach der ersten stärkeren Welle treten die Eigenschwingungen der Pendel sehr merkbar und störend auf und die folgenden Wellen bringen nun das Pendel je nach der Phase, in der es sich zufällig befindet, entweder zu noch grösseren Ausschlägen, oder sie vermindern die Amplitude. Die wahre Bewegung der Erdbebenwelle wird dadurch sehr unklar und verwischt. Da sich die Eigenschwingungen in der mannigfaltigsten Weise mit den nachfolgenden neuen Impulsen der Erdbebenwellen vermischen, so ist eine sichere Trennung von Eigenschwingungen und Erdbebenwellen praktisch undurchführbar.

Es muss daher auch bei den seismischen Instrumenten das Bestreben dahin gehen, eine möglichst sichere Dämpfung zu erzielen. Diese Dämpfung darf jedoch nicht die leichte Beweglichkeit der Pendel stören, wie dies z. B. bei der Verwendung schlechterer Spitzen für die Aufhängung bei dem Horizontalpendel der Fall sein würde, da hierdurch die Empfindlichkeit des Instrumentes stark herabgesetzt wird.

Ueber einige Versuche, das Horizontalpendel zu dämpfen, ist bereits früher[1]) berichtet. Die beste Dämpfung bleibt jedenfalls die Luftdämpfung, die auch von Wiechert[2]) mit ausgezeichnetem Erfolge angewandt wurde.

Um die Verschiedenheit der Aufzeichnungen von stark gedämpften und nicht gedämpften Horizontalpendeln untersuchen zu können, wurden die beiden in *dieser Zeitschr.* **19.** *S. 262. 1899* beschriebenen Instrumente neben einander aufgestellt und eines der Pendel in der folgenden Weise gedämpft. Nach Entfernung des Pendelgewichtes wurde auf die Horizontalachse des Pendels ein zylindrisches Aluminiumrohr r_1 von etwa 7 *cm* Länge und 3,5 *cm* Durchmesser in der in der Fig. 1 (Vertikalschnitt) sichtbaren Weise aufgesteckt. Die Achse des Zylinders ist vertikal gerichtet. Zwei Glimmerblätter g verhindern eine vertikale Luftzirkulation in dem Rohre.

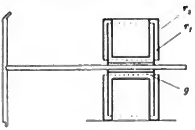


Fig. 1.

Dieses Rohr wird umgeben, aber nirgends berührt von dem Dämpfer r_2, der mit dem Stativ fest verbunden ist. Er besteht aus einem zweiten Rohr, welches das erste in einem Abstande von etwa 4 *mm* umgiebt. Die Horizontalachse des Pendels berührt den Dämpfer nicht, sondern ein Ausschnitt im Rohre ermöglicht, dass das Pendel ungehindert einige Millimeter hin- und herschwingen kann. Oben und unten ist der

[1]) Vgl. *diese Zeitschr.* **16.** *S. 7. 1896.*

[2]) *Nachr. d. Kgl. Gesellsch. d. Wissensch. z. Göttingen. Math.-phys. Klasse 1899. S. 195.*

Dämpfer geschlossen, an den Verschlussplatten sind jedoch ebenfalls kleinere, geschlossene Rohrabschnitte angebracht, die in den Zylinder des Pendels hineinragen und die Dämpfung vergrössern.

Diese Art der Dämpfung hat sich gut bewährt. Ist das Pendel in Schwingungen gerathen, so findet es soviel Luftwiderstand, dass es nach wenigen Schwingungen zur Ruhe kommt.



Die Aufzeichnungen beider Pendel geschehen wie gewöhnlich[1]) photographisch auf Bromsilberpapier, das sich in einer Stunde um 295,2 *mm*, in einer Sekunde also um 0,082 *mm* fortbewegt, sodass sich jede einzelne Welle beobachten lässt.



Fig. 2.

Fig. 2 ermöglicht die Vergleichung der Abnahme der Amplituden beider Pendel.

Die folgenden Fig. 3 und Fig. 4 geben die Aufzeichnungen, welche die Pendel am 13. und 17. Jan. 1901 von zwei Erdbeben gemacht haben, und zwar rühren die Kurven *a* von dem ungedämpften, die Kurven *b* von dem gedämpften Pendel her. Ohne Dämpfung giebt das letztere dieselben Aufzeichnungen wie das andere, da die Reibung an den Spitzen der Aufhängung dieselbe ist[2]). Die für die Reproduktion benutzten Kurven sind nach den Originalen durchgepaust.

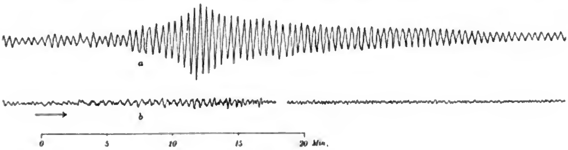


Fig. 3.

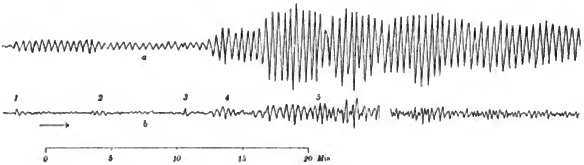


Fig 4.

Betrachten wir zunächst Fig. 4. Das Beben beginnt bei *1* mit einer Welle von etwa 30 Sek. Periode, der eine Reihe kleinerer Wellen folgen. Kurve *a* lässt nur aus der etwas geringeren Regelmässigkeit der Nachschwingungen der ersten Welle vermuthen, dass noch kleine Wellen das Instrument beeinflussen, giebt aber diese selbst nicht. Bei *2* treten wiederum grössere Wellen auf, die sich in Kurve *a* durch eine Verkleinerung des Pendelausschlages bemerklich machen. Aehnlich ist es bei *3*. Bei *4* treten dann die Hauptwellen ein. Auch hier sieht man in Kurve *b*, dass die einzelnen

[1]) Vgl. *diese Zeitschr.* **16.** *S. 15. 1896.*
[2]) Vgl. *diese Zeitschr.* **19.** *S. 266. 1899.*

Wellen sehr verschiedene Periodendauer haben, wovon die ungedämpfte Kurve wenig zeigt, da hier die Eigenschwingungen des Pendels so gross sind, dass sie die Form der einzelnen Bebenwellen fast ganz verdecken.

Noch stärker zeigt sich dieses bei dem Erdbeben vom 13. Januar (Fig. 3). Den Wellen im Anfange der Hauptbewegung sind kleine Wellen mit einer Periode von etwa 10 Sek. superponirt, von denen die Kurve *a* fast gar nichts zeigt. Ausserdem ist hier sehr auffällig, wie sich allmählich die Amplitude des ungedämpften Pendels vergrössert, während in Wirklichkeit die Erdbebenwellen annähernd dieselbe Grösse behalten. Die Maximalamplitude des ungedämpften Pendels erreicht hier fast dieselbe Grösse, wie bei dem Beben vom 17. Januar, während das gedämpfte Pendel noch nicht die Hälfte der Amplitude hat, wie bei dem vorher genannten Beben. Es ist dieses ein augenfälliger Beweis dafür, dass man bei ungedämpften Pendeln durchaus nicht von der Grösse der Maximalamplituden auf die wirkliche Grösse der Bebenwellen schliessen kann. Hiermit fällt auch die Möglichkeit einer sicheren Richtungsbestimmung aus den Maximalamplituden zweier senkrecht zu einander aufgestellten Pendel ohne Dämpfung weg, wie ich bereits in einem früheren Aufsatze *(diese Zeitschr. 19. S. 267. 1899)* gezeigt habe. Wenn nun auch im Allgemeinen keine einheitliche, fest definirte Richtung der Erdbebenwellen, die von fernen Beben zu uns gelangen, vorhanden ist, so wird man doch mit zwei gedämpften Pendeln angenähert die Richtung der einzelnen Wellen, besonders isolirt auftretender, und aus dem Mittel die Hauptrichtung bestimmen können, ein Vortheil, der ohne Frage hoch anzuschlagen ist. Natürlich ist hierbei immer vorausgesetzt, dass die Bewegung der Registrirtrommel eine genügend schnelle ist.

Die Anwendung gedämpfter (oder auch astatischer) Instrumente giebt also einen sehr viel genaueren Einblick in die Details der Störung, auf die kein sachkundiger Seismologe wird verzichten wollen.

Denn es ist gewiss von grosser Wichtigkeit, bei der Untersuchung der Erdbebenstörungen auf die einzelne Welle zurückzugehen. Wahrscheinlich werden reine Transversal- und Longitudinal-Wellen an der Erdoberfläche überhaupt nicht auftreten, es wird sich jedoch feststellen lassen, welche Wellenart vorherrschend ist bei den eigenthümlichen vereinzelten stärkeren Wellen, die sich in den Vorläufern finden und ferner bei den Hauptwellen. Etwas Sicheres ist hierüber noch nicht bekannt. Ferner würde zu untersuchen sein, ob vielleicht generelle Richtungsverschiedenheiten bei den Vorläufern und Hauptwellen auftreten, was uns Andeutungen über den Weg, den sie im Erdkörper genommen haben, geben würde. Ebenfalls noch nicht bekannt ist, in welchem Verhältniss die verschiedenen Einsätze in den Vorläufern zur Dauer der letzteren, die bekanntlich von der Entfernung vom Erdbebenherde abhängt, stehen. Hieraus würden sich ebenfalls gewisse Rückschlüsse ziehen lassen.

Mit Instrumenten, deren Leistungsfähigkeit nicht völlig erwiesen ist, die Seismizität der Erde hauptsächlich statistisch untersuchen zu wollen, dürfte nicht von Vortheil für die seismische Forschung sein, da ein weiteres Studium der Beobachtungsresultate hierdurch erschwert und vielfach unmöglich gemacht wird, obwohl man häufig die gegentheilige Ansicht ausgesprochen findet.

Nur eine möglichste Erhöhung der Leistungsfähigkeit gedämpfter oder astatischer Instrumente und eine genaue Untersuchung derselben dürfte uns vielleicht einen Weg eröffnen, der Lösung der Frage nach der Beschaffenheit des Erdinnern, einem Hauptziel der seismologischen Forschung, näher zu kommen.

Referate.

Ueber die Messung hoher Temperaturen.

Von L. Holborn u. A. Day.

Ueber das Luftthermometer bei hohen Temperaturen (Erste Abhandlung). *Wied. Ann.* **68.** *S. 817. 1899;* (Zweite Abhandlung). *Ann. d. Physik* **2.** *S. 505. 1900.* — Ueber die Thermoelektrizität einiger Metalle. *Sitzungsber. d. Berl. Akad.* **38.** *S. 691. 1899.* — Ueber die Ausdehnung von Platin, Platiniridium, Palladium, Silber, Nickel, Eisen, Stahl und Konstantan in hoher Temperatur. *Sitzungsber. d. Berl. Akad.* **39.** *S. 1009. 1900.* — Ueber die Ausdehnung einiger Metalle in hoher Temperatur. *Ann. d. Physik* **4.** *S. 104. 1901.* — Ueber den Schmelzpunkt des Goldes. *Ann. d. Physik* **4.** *S. 99. 1901.*

Die Hauptuntersuchung der ganzen genannten Abhandlungsreihe ist diejenige über das Verhalten des Luftthermometers in hohen Temperaturen, an welche sich die übrigen Arbeiten, ursprünglich nur als Hülfsmessungen begonnen, dann aber über das gerade vorliegende Bedürfniss hinaus fortgesetzt, eng anschliessen.

Das Studium des Luftthermometers wurde wiederum dadurch veranlasst, dass die auf die verschiedenen bisherigen Messungen gegründeten Temperaturskalen für hohe Temperaturen weit mehr differiren, als es nach dem heutigen Stande der Wissenschaft zulässig ist. In der Meinung, dass die Unterschiede zum Theil durch die verschiedene Konstruktion und Behandlung des Luftthermometers selbst verursacht worden sind, haben die Verf. vor der Aufstellung einer neuen Temperaturskale nach verschiedenen Richtungen hin eine Untersuchung des Luftthermometers unternommen.

Als Luftthermometer diente bei den Untersuchungen zunächst dasselbe Instrument, welches von Wiebe und Böttcher bereits früher beschrieben ist (*diese Zeitschr.* **10.** *S. 16. 1890*) und welches für Einstellung eines konstanten Volumens eingerichtet ist. Bei der späteren Neukonstruktion des Instrumentes sind einige Abänderungen vorgenommen worden, deren wesentliche die möglichste Verringerung des schädlichen Raumes bezweckte. Nach dem Vorgange von Chappuis wurde nämlich der kurze Schenkel des Manometers durch eine gut gepasste Metallkappe (aus Nickel) mit ebener Endfläche abgeschlossen, die auf das Glasrohr mit Siegellack sorgfältig aufgekittet wurde und eine nur 0,4 *mm* lange Spitze für die Einstellung trug. Der schädliche Raum wurde hierdurch, bei einem Rohrdurchmesser von 20 *mm*, von 2 *ccm* auf 0,4 *ccm* reduzirt. In die Metallkappe selbst ist ein Thermometer eingekittet. Eine zweite an tieferer Stelle in das Rohr eingeschmolzene Spitze dient volumenometrischen Zwecken.

Die Temperatur des Quecksilbers im Manometer wurde ausser mit dem am schädlichen Raum befindlichen Thermometer noch durch drei andere gemessen, deren Gefässe in kurzen, mit Quecksilber gefüllten Röhren steckten.

Die nicht unter $^2/_3$ *mm* weite Platinkapillare, welche die Verbindung zwischen Gefäss und Manometer herstellt, war an ihrem einen Ende in die Metallkappe des kurzen Schenkels eingelöthet, während sie mit dem Gefäss durch Siegellack verbunden wurde. Die Siegelstelle wurde nöthigenfalls, da sie schon nahe am Ofen lag, mit Wasser kühl gehalten. Mit Hülfe der biegsamen Platinkapillare liess sich das Gefäss des Luftthermometers nach jeder Heizung in Eis oder in den Siedeapparat bringen. Es stellte sich jedoch für eine bequeme und sichere Handhabung bald als zweckmässig heraus, die Kapillare möglichst wenig zu biegen. Deshalb wurde später der (elektrische) Ofen auf einen Wagen gelegt, der auf Schienen vom Gefäss abgeschoben wurde, damit dann an derselben Stelle das Eisgefäss oder der Siedeapparat aufgestellt werden konnte.

Um die Angaben des Luftthermometers miteinander vergleichen zu können, sind sie alle auf gleichzeitige Ablesungen von Thermoelementen aus Platin- und Platinrhodiumdraht zurückgeführt. Die Messung der elektromotorischen Kraft der Thermoelemente geschah nach der Kompensationsmethode. Als Normale für die Spannung dienten Weston'sche Kadmium-

Elemente. Die kalten Löthstellen der Thermoelemente befanden sich, durch Glasröhren isolirt, in schmelzendem Eis.

Zu den ersten Versuchen zwischen 200° und 500° diente ein Gefäss aus Jenaer Borosilikatglas 59^{III}, das mit Wasserstoff gefüllt war. Das Gefäss und das in einer Porzellanröhre befindliche Thermoelement wurden in einem Salpeterbade geheizt, das sich in einem gusseisernen Zylinder von 34 *cm* Höhe und 18 *cm* Durchmesser befand. Die Heizung geschah durch Bunsenbrenner, das Rühren durch eine mechanische Vorrichtung. Dem elektrolytisch dargestellten Wasserstoff musste vor seinem Eintritt in das Gefäss jede Spur von Sauerstoff genommen werden, weil sonst eine allmähliche Vereinigung von Wasserstoff mit dem noch anwesenden Sauerstoff stattfand.

Die Versuche wurden auf zwei Füllungen ausgedehnt. Die Abweichung zwischen den am Luftthermometer beobachteten und den aus einer ausgeglichenen Kurve für die elektromotorische Kraft des Thermoelementes berechneten Temperaturen beträgt im Mittel ± 0,64° und wird von den Verf. zum grössten Theile den Beobachtungen am Thermoelement zur Last gelegt.

Die weiteren Versuche fanden mit einem innen glasirten Porzellangefäss statt. Die Erwärmung geschah zunächst wiederum (und zwar bis 730°) im Salpeterbad. Dabei ergab sich nach jeder Heizung ein starkes Fallen des Eispunktes und eine Zunahme des Ausdehnungskoeffizienten. Dies spricht für die Annahme, dass der Wasserstoff bei hoher Temperatur auf die Porzellanwandung reduzirend einwirkt, wobei sich Wasserdampf bildet.

Aus diesem Grunde wurde von einer weiteren Verwendung des Wasserstoffs als Messgas Abstand genommen, und die Porzellangefässe wurden mit Stickstoff gefüllt. Der Stickstoff wurde aus der Atmosphäre genommen, indem die Luft vor dem Trockenapparat 4 bis 6 Waschflaschen mit alkalischer Pyrogallussäurelösung passirte.

Bei dieser Anordnung gab eine erste Füllung wohl in Folge noch vorhandener geringer Mengen von Wasserstoff keine genügenden Resultate. Bei einer zweiten Füllung betrug die mittlere Abweichung zwischen den beobachteten und berechneten Werthen ± 1,01°.

Zur Erwärmung auf höhere Temperaturen diente ein Zinksiedeapparat, dessen nähere Beschreibung hier übergangen werden darf. Es ergab sich in diesem Falle eine Uebereinstimmung zwischen den beobachteten und berechneten Werthen erst nahe dem Siedepunkt des Zinkes, wenn die Dampfentwickelung begonnen hatte.

Zur Erzielung höchster Temperaturen wurde ein elektrischer Ofen benutzt, ähnlich dem in *dieser Zeitschr.* ***20.*** *S. 286. 1900* beschriebenen. Von den zur Messung der Temperaturen des Ofens dienenden Thermoelementen befand sich die Löthstelle des einen ständig in einem Drittel der Länge des Luftthermometergefässes, während die Löthstellen der anderen Elemente ihre Plätze wechselten. Der Unterschied in den Temperaturen der einzelnen Löthstellen betrug im ungünstigsten Falle 6°, im Mittel nur die Hälfte davon. Die Angaben der Thermoelemente wurden gemittelt, nachdem diese vorher durch eine Vergleichung unter einander alle auf ein Element bezogen waren. Da dieses Mittel, verglichen mit den Angaben des Luftthermometers, sich gut an die in den Bädern gewonnenen Ergebnisse anschloss, so wurde von einer genaueren Bestimmung des Temperaturgefälles im Heizrohr Abstand genommen.

Die Versuche lehrten, dass 1100° die Grenze für die Brauchbarkeit der innen glasirten Porzellan-Luftthermometergefässe bildet, nachdem auch schon unterhalb dieser Temperatur Aenderungen des Eispunktes aufgetreten waren. Die mittlere Abweichung zwischen den beobachteten und berechneten Werthen der Temperatur beträgt ± 1,52°.

Es folgen jetzt Versuche mit nur aussen glasirten, innen unglasirten Porzellangefässen, bei denen die experimentellen Bedingungen wesentlich die gleichen waren wie vorher. Die Heizung fand nur im elektrischen Ofen statt.

Die Stickstofffüllung wurde erheblich kleiner gewählt als früher, weil die Gefässe über den Schmelzpunkt der Glasur erhitzt werden sollten und deshalb der Druck im Innern des Gefässes während der ganzen Heizung unter dem Atmosphärendruck bleiben musste. Die

Versuche wurden bis 1200° ausgedehnt und ergaben eine Abweichung zwischen Beobachtung und Rechnung, die in hoher Temperatur das Zeichen wechselte. Die Ursache für diese Erscheinung haben die Verf. auf Grund ihrer Versuche nicht ermitteln können; eine Fortsetzung der Versuche unter veränderten Bedingungen wurde aber zu Gunsten der im Folgenden besprochenen Anordnung aufgegeben.

Im letzten Stadium dienten zu den Versuchen zylinderförmige Platiniridiumgefässe mit Stickstofffüllung, die von W. C. Heräus in Hanau bezogen wurden und von denen eines den höchsten Iridiumgehalt hatte, der noch eine sichere mechanische Bearbeitung gestattete, nämlich 20 %. Die Legirung des zweiten Platiniridiumgefässes enthielt nur 10 % Iridium. Die Wandstärke war im ersten Falle 0,5, im zweiten Falle 1 *mm*. Der Stickstoff wurde jetzt nicht mehr aus der Luft gewonnen, sondern aus Ammoniumnitrit hergestellt. Vor Eintritt in das Luftthermometergefäss passirte das Gas vier mit alkalischer Pyrogallussäure gefüllte Waschflaschen und den Trockenapparat.

Die Heizung geschah wieder wie beim Porzellangefäss im elektrischen Ofen, der im weiteren Verlaufe der Arbeiten auf etwas grössere Dimensionen gebracht worden war. Ausserdem kam für niedere Temperaturen ein Salpeterbad zur Anwendung, das aber wesentlich kleinere Abmessungen hatte, als das früher beschriebene, und das elektrisch geheizt wurde. Endlich wurde für Temperaturen unter 300° mit Vortheil ein Gefäss mit doppelter, evakuirter Wandung benutzt, wie es von Dewar zuerst für Versuche mit flüssiger Luft angewendet worden ist. Das Gefäss war mit Olivenöl gefüllt, das ebenfalls elektrisch geheizt wurde. In dasselbe tauchte nämlich ein mit Konstantandraht bewickelter Porzellanzylinder, in dessen Innern sich eine Turbine mit einem am Porzellan befestigten Lager befand. Rührer und Heizspule bilden so ein Stück, das in ein beliebiges isolirendes Bad hineingesteckt werden kann.

Die Beobachtungen mit den Platiniridiumgefässen lassen erkennen, dass dieselben den bisher gebräuchlichen Porzellangefässen an Genauigkeit der Angaben und Bequemlichkeit der Handhabung überlegen sind. Die Abweichungen zwischen Beobachtung und Rechnung betragen im einen Falle etwa 1°, im anderen Falle sind sie meist geringer und erklären sich aus der Anordnung des Ofens, bei der sich das ausgedehnte Gefäss und die kleine Löthstelle in einem Luftbade befinden. Die Vergleichungen gehen bis über 1100° hinaus.

Um die Genauigkeit, welche das Platiniridiumgefäss gewährt, vollständig ausnutzen zu können, war es nöthig, verschiedene spezielle Untersuchungen durchzuführen, auf die im Folgenden kurz eingegangen werden soll.

Zunächst war die bis jetzt unbekannte Ausdehnung des Platiniridiums in hoher Temperatur zu bestimmen. Die Verf. lösten diese Aufgabe (vgl. *diese Zeitschr.* **20.** *S. 142. 1900*), indem sie einen Stab aus der Legirung 80 Pt, 20 Ir von 500 *mm* Länge und 5 *mm* Durchmesser auf seine lineare Ausdehnung bis 1000° untersuchten. Im Anschluss daran wurde ferner die Ausdehnung einiger anderer Körper bei hoher Temperatur bestimmt. Ueber beobachtete Begleiterscheinungen und die Verwerthung der Beobachtungsresultate sagen die Verf. Folgendes:

„Die dauernden Längenänderungen, welche die Stäbe nach den einzelnen Heizungen erlitten, überschreiten meist nicht 0.02 *mm*, wenn man von dem ersten Erhitzen auf die höchste der später angewendeten Temperaturen absieht. Bei Silber und Nickel waren die Aenderungen zuweilen etwas grösser, und der Stahlstab erfuhr in der ersten Beobachtungsreihe eine Verkürzung um 0,10 *mm*."

„Soweit keine Zustandsänderungen in Frage kommen, lässt sich die Ausdehnung überall durch eine Funktion zweiten Grades mit hinlänglicher Genauigkeit durch die unten wiedergegebenen Ausdrücke darstellen. Die magnetischen Metalle, bei denen diese Voraussetzung nicht mehr gilt, verhalten sich dagegen anders. Bei Nickel gilt die berechnete Formel für den unmagnetischen Zustand von 375° an aufwärts, während Eisen oberhalb 500° und Stahl schon früher Unterschiede gegen die berechneten Werthe aufweisen."

Die gefundenen Ausdehnungen sind folgende:

Platin	$(8868\,t + 1{,}324\,t^2)\,10^{-9}$
Palladium	$(11670\,t + 2{,}187\,t^2)\,10^{-9}$
Platiniridium (80 Pt, 20 Ir) . . .	$(8198\,t + 1{,}418\,t^2)\,10^{-9}$
Silber	$(18270\,t + 4{,}793\,t^2)\,10^{-9}$
Nickel	$(13460\,t + 3{,}315\,t^2)\,10^{-9}$
Konstantan (60 Cu, 40 Ni)	$(14810\,t + 4{,}024\,t^2)\,10^{-9}$
Eisen (Schmiedeeisen)	$(11705\,t + 5{,}254\,t^2)\,10^{-9}$
Stahl	$(9173\,t + 8{,}336\,t^2)\,10^{-9}$
Porzellan (zwischen 250° u. 625°) .	$(2954\,t + 1{,}125\,t^2)\,10^{-9}$

Die zweite von den Verf. ausgeführte Hülfsuntersuchung war die Bestimmung des Einflusses des Druckes auf das Luftthermometergefäss, welcher bei den Messungen möglicherweise vorübergehend vorhanden sein konnte, auch wenn durch die Eispunktskontrole dauernde Aenderungen des Gefässes nicht nachgewiesen werden konnten. Die Frage wurde in der Weise untersucht, dass man die hohen Temperaturen auch noch mit vermindertem Druck bestimmte, indem man einen Theil des Messgases in den Manometerschenkel treten liess (d. h. das Volumen des Luftthermometergefässes bis zur unteren Spitze im Manometer vergrösserte), also Druck und Volumen gleichzeitig variirte. Der Unterschied beider Messungsmethoden ist im Mittel $\pm 0{,}70°$ und überschreitet nur in einem Falle 1°. Die Verf. folgern daraus, dass die Messungen innerhalb der erreichten Genauigkeit von dem im Luftthermometer herrschenden Drucke nicht abhängen.

Die dritte Hülfsbestimmung bezieht sich auf die Thermoelektrizität der Metalle. Die Verf. zeigten hier, dass die von Avenarius gefundene und bis 400° bestätigte Thatsache, dass sich die elektromotorischen Kräfte der Thermoelemente mit grosser Annäherung durch die Gleichung einer Parabel darstellen lassen, innerhalb viel weiterer Grenzen gültig ist. Sie sind sogar geneigt, dieses Gesetz als allgemeingültig hinzustellen und die beobachteten Ausnahmen aus Zustandsänderungen der Metalle zu erklären.

Zur Messung der Temperatur diente das zu den luftthermometrischen Untersuchungen benutzte Thermoelement Platin-Platinrhodium (90 Pt, 10 Rh), dessen Thermokraft (in Mikrovolt) aus Beobachtungen zwischen 250° und 1000° durch die Gleichung dargestellt wurde

$$e = -310 + 8{,}018\,t + 0{,}00172\,t^2.$$

Die Gleichung wurde dann auch noch über 1000° als gültig angenommen.

Mit diesem Normalelement sind alle übrigen Thermoelemente in der Weise verglichen worden, dass man die zu untersuchenden Drähte an der heissen Löthstelle miteinander verschmolz und, während sich die Löthstelle im elektrischen Ofen befand, stets die elektromotorische Kraft irgend eines Drahtes gegen ein und denselben Draht aus reinem Platin ermittelte, der gleichzeitig mit dem Platinrhodiumdraht zusammen die Temperatur der heissen Löthstelle angab.

Die elektromotorische Kraft wurde in Intervallen von ungefähr 50° in verschiedenen Kombinationen gemessen. Die folgende Tabelle enthält die Koeffizienten a, $100\,b$, $10000\,c$ der die thermoelektrische Spannung e in Mikrovolt ausdrückenden Formel

$$e = -a + b\,t + c\,t^2,$$

sowie die Grenztemperaturen t_1 und t_2, zwischen denen die Gültigkeit der Formel nachgewiesen ist.

Für Palladium und seine Legirungen erhält man zwei ganz verschiedene Gleichungen, von denen die eine für Temperaturen unter 400°, die andere für Temperaturen über 600° gilt.

Vorläufige Beobachtungen der Thermokraft bei $-80°$ und $-185°$ sind durch die vorstehenden Formeln in der Regel nicht mehr in genügender Weise darstellbar.

Der Verlauf der Thermokraft einer Kombination ist nach Vorstehendem in der Regel bekannt, wenn die Elemente an drei Punkten geaicht sind. Um diese Messung vom Luftthermometer unabhängig zu machen, haben die Verf. — als vierte Hülfsuntersuchung — eine Reihe von Schmelzpunkten reiner Metalle bestimmt. Sie bedienten sich hierzu zweier Methoden.

	a	$10^2 \cdot b$	$10^4 \cdot c$	t_1	t_2
Au_0 — Pt	644	684,9	96,8	300°	950°
Au_1 — Pt	398	876,9	84,4	300	1050
Au_2 — Pt	388	892,0	83,4	300	1050
Ag — Pt	0	589,1	132,0	0	950
Rh_1 — Pt	169	700,0	68,0	200	1250
Rh_2 — Pt	228	734,4	66,8	250	1300
Ir — Pt	84	670,0	60,0	100	1200
90 Pt, 10 Ru — Pt	367	922,9	15,6	300	1300
90 Pt, 10 Pd — Pt {	0	216,0	44,0	0	300
	330	447,6	1,6	300	1200
10 Pt, 90 Pd — Pt {	0	— 211,0	28,0	0	350
	— 596	— 572,0	82,0	600	1200
Pt — Pd_1 {	0	499,3	44,0	0	350
	0	316,2	80,8	600	1250
Pt — Pd_2 {	0	525,3	44,0	0	350
	0	340,2	82,4	600	1300

Bei der einen wird ein kurzer Draht des zu schmelzenden Metalles (von etwa 1 *cm* Länge) in die Löthstelle des Thermoelementes eingefügt und die Thermokraft im Augenblick des Durchschmelzens beobachtet.

Bei der zweiten Methode wird eine grössere Menge des Metalles, etwa 100 bis 500 Gramm, in einem Tiegel geschmolzen, in den das Thermoelement, durch ein Porzellanrohr geschützt, hineinragt. Bei richtig regulirter Heizung — die Verf. verwenden wieder elektrische Heizung — erkennt man den Eintritt des Erstarrungs- oder Schmelzpunktes daran, dass die Temperatur eine Zeit lang stationär ist. Beide Verfahren werden als Draht- und Tiegel-Methode unterschieden.

Ohne auf Einzelheiten der Bestimmung einzugehen, geben wir im Folgenden die Resultate der Beobachtung wieder, denen die Resultate anderer Beobachter beigefügt sind.

	Schmelzpunkt nach der		Schmelzpunkte	
	Draht-methode	Tiegel-methode	nach Callendar, sowie Heycock und Neville; gemessen mit Platinwiderständen	nach Berthelot; optische Methode
Gold	1061,0°	1063,5°	1061,7°	1064°
Silber	953,6	954,9	955	962
Kupfer	—	1065,0	—	—
Antimon	—	630,6	629,5	—
Aluminium	—	657,3	654,5	—
Zink	—	419,0	419,0	—
Blei	—	326,9	327,7	—
Kadmium	—	321,7	320,7	—

Ausserdem werden die Schmelzpunkte einiger Legirungen mitgetheilt, deren Bestimmung nach der Drahtmethode erfolgte:

95 Ag, 5 Au	958,5°	95 Au, 5 Pt	1116,0°
90 Ag, 10 Au	965,7	90 Au, 10 Pt	1176,3
40 Ag, 60 Au	1025,1	85 Au, 15 Pt	1237,7.

Die Verf. gehen dann kurz auf die Genauigkeit der Messungen und die Haltbarkeit der Thermoelemente selbst ein. Sie heben hervor, dass die Messungen hoher Temperaturen mit Thermoelementen heute wesentlich genauer ausführbar seien als früher. Denn während anfangs die Abweichungen der Thermokräfte von Thermoelementen aus verschiedenen

Schmelzungen 10% und mehr betrugen, sind diese in Folge der grösseren Reinheit der Materialien neuerdings auf etwa 1% herabgemindert.

Die Verf. ziehen aus ihren Untersuchungen den Schluss, dass die einmal festgesetzte Temperaturskale sicher nur durch Fixpunkte, wie die oben angegebenen Schmelzpunkte, aufrecht erhalten werden könne, und empfehlen ferner, die Normalelemente in zwei Gruppen zu theilen, von denen die eine nur für den Gebrauch bis zu etwa 1200° dient, während die andere auch für höhere Temperaturen benutzt werden kann. Für die letzteren Temperaturen sei bis jetzt dieselbe Genauigkeit wie für die ersteren noch nicht zu erzielen, solange keine luftthermometrischen Messungen für das Gebiet über 1200° vorliegen und eine Verbesserung der technischen Hülfsmittel noch grosse Schwierigkeiten zu überwinden habe. Die Verf. weisen endlich noch darauf hin, dass bei der Messung von Temperaturgefällen, wie sie zur Berechnung von Mitteltemperaturen grösserer Räume oft nothwendig ist, auf die einwandfreie Beschaffenheit der Thermoelemente geachtet werden muss. Die beste Anordnung sei hier immer, wenn man die Temperatur an den verschiedenen Stellen gleichzeitig mit zwei Thermoelementen messe. Die Löthstellen der beiden Elemente seien zu vereinigen, während man das Temperaturgefälle in den Drähten für jedes Element möglichst verschieden wählt. *Schl.*

Eine neue Methode zur Dickenbestimmung dünner Blättchen.

Von C. H. Sharp. *Ann. d. Physik* **3.** *S. 210. 1900.*

Im Verlauf von anderen Versuchen war der Verf. genöthigt, die Dicke einer sehr dünnen, auf einem dünnen Platinspiegel aufgetragenen Gelatineschicht zu messen. Da die Phasenänderung bei der Reflexion am Platinspiegel unbekannt war, konnte die Wiener'sche Methode nicht unmittelbar angewandt werden. Der Verf. verfuhr daher folgendermaassen. Nachdem an der Stelle, wo die Dicke bestimmt werden sollte, etwas von der Schicht weggewischt war, wurde ein Abdruck in einem Gemisch zu gleichen Theilen von Kolophonium und Burgunder Pech genommen. Der Abdruck wurde auf eine Glasplatte gepresst, dann wurden nach Wiener die mit senkrecht auffallendem Licht erzeugten Interferenzstreifen durch eine Linse auf den Spalt eines Spektrometers projizirt; dasselbe zeigt dem Beobachter zwei Interferenzstreifensysteme im Spektrum, aus deren Verschiebung gegen einander sich die Dicke berechnen lässt.

Es fragt sich zunächst, ob der Kolophoniumabdruck die Form des Blättchens genau wiedergiebt. Nachdem von 6 Silberschichten zwischen 0,18 und 0,47 μ Abdrücke genommen waren, wurde das Silber in Jodsilber verwandelt und die Dicke direkt nach der Wiener'schen Methode gemessen. Auch von den Jodsilberschichten wurden drei brauchbare Abdrücke erhalten. Die neue, indirekte Methode gab innerhalb der Beobachtungsfehler übereinstimmende Werthe. Bei Gelatineschichten fallen die Werthe jedoch erheblich niedriger aus. Es fand sich eine Erklärung, indem der Verf. zeigen konnte, dass die Gelatineschicht beim Erwärmen dünner wird (die Aufquellung durch die Feuchtigkeit der Luft wird rückgängig gemacht). Die neue Methode giebt aber die Dicke der beim Abdruck erwärmten Gelatineschicht. Da die Form sich abtrennt, weil das Pechgemisch erheblich grösseren Ausdehnungskoeffizienten besitzt, so könnte dies zu Fehlern Anlass geben. Bei welcher Temperatur tritt nun die Abtrennung ein? Aus der Beobachtung der Newton'schen Ringe ging hervor, dass dieselbe erst bei Zimmertemperatur eintritt; dieser Umstand ist also nebensächlich.

Bezüglich des Interferenzapparates möge nur bemerkt werden, dass mit Bogenlicht beleuchtet wurde, und dass, um ein Wandern der Streifen zu verhüten, ein Wassergefäss zur Absorption der Wärmestrahlen eingeschaltet war. Was die beste Anordnung und die Ausrechnung der Messungen betrifft, so sei auf das Original verwiesen. *A. K.*

Ueber die Geschwindigkeit des Lichts.

Von Perrotin. *Compt. rend.* **131.** *S. 731. 1900.*

Der Verf. berichtet über das Resultat einer ersten Reihe von Beobachtungen behufs einer neuen Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit. Es wurde nach der Fizeau-Cornu'schen Methode auf dem Observatorium in Nizza gearbeitet; die Mire war in 12 *km* Entfernung aufgestellt. Aus 1500 Messungen, die die Arbeit eines Jahres erforderten, da nur bei ganz ruhiger Luft beobachtet werden konnte, ergab sich der Werth 299900 ± 80 *km*. *A. K.*

Neuer Halbschattenanalysator.

Von J. Macé de Lépinay. *Compt. rend.* **131.** *S. 832. 1900; Journ. de phys.* **9.** *S. 585 u. 644. 1900.*

Vor längerer Zeit hat der Verf. (*Journ. de phys.* **4.** *S. 267. 1885*) folgende der Soleil'schen Doppelplatte für weisses Licht ähnelnde Halbschattenvorrichtung für homogenes Licht angegeben. Auf dem anvisirten kreisförmigen Diaphragma (Fig. 1) wird ein 0,11 *mm* dicker Biquarz befestigt, welcher aus zwei senkrecht zur optischen Achse geschnittenen, nebeneinander gekitteten Quarzplatten besteht, von denen die eine rechtsdrehend, die andere linksdrehend ist. Für Natriumlicht beträgt demnach der Halbschatten, d. i. der Winkel, den die Polarisationsrichtungen der beiden Gesichtsfeldhälften mit einander bilden, etwa 4,8°. Natürlich kann man durch passende Wahl der Dicke des Biquarzes sowohl grössere als auch kleinere Halbschatten erhalten (mit zunehmendem Halbschatten wird bekanntlich die Empfindlichkeit der Einstellung geringer). Um im letzteren Falle den Biquarz nicht zu dünn machen zu müssen, könnte man auch so verfahren, dass man den Biquarz so dick macht, dass seine Drehung für das betreffende homogene Licht sich nur wenig von 90° unterscheidet. Für Natriumlicht müsste z. B. der Biquarz nahezu 4,14 *mm* dick sein. Da aber durch das Einfügen einer so dicken Quarzplatte das Gesichtsfeld stark aufgehellt wird, so dürfte die Empfindlichkeit der Einstellungen nicht grösser sein, als wenn man mit grösserem Halbschatten bei 0,1 *mm* dickem Biquarz arbeitet.

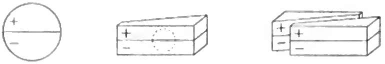


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Um den Nachtheil der Unveränderlichkeit des Halbschattens zu heben, verwendet jetzt der Verf. auf Anrathen von Pérot an Stelle des planparallelen Biquarzes einen schwach keilförmigen (Fig. 2), dessen Dicke an der dünnsten Stelle etwa 0,06, an der dicksten etwa 0,12 *mm* beträgt. Er bringt denselben horizontal verschiebbar vom Fernrohr aus gerechnet dicht hinter dem Analysator an, sodass die zur optischen Achse senkrechte Fläche des Biquarzes den eintretenden Lichtstrahlen zugekehrt ist. Durch Verschiebung des Biquarzes erhält man dann je nach der vor dem Diaphragma liegenden Stelle des Biquarzes verschiedene Halbschatten. Wie man erkennen wird, hat diese neue Halbschattenvorrichtung vor den nur aus Kalkspath bestehenden Halbschattenpolarisatoren keinerlei Vorzüge, vielmehr grosse Nachtheile. Erstens ist der Biquarz nur für homogenes Licht zu gebrauchen; zweitens erzeugt er eine Ablenkung der Lichtstrahlen (die allerdings durch einen Glaskeil aufgehoben werden könnte); und drittens ist die Helligkeit im ganzen Gesichtsfelde nicht gleichförmig, sondern von links nach rechts mit dem Halbschatten zunehmend. Auch lässt sich mit dem Biquarz aus leicht ersichtlichen Gründen nicht die Empfindlichkeit erreichen, die mit Halbschattenpolarisatoren aus Kalkspath zu erzielen ist. Der Ref. kann daher dem Verf. nicht darin beistimmen, dass die neue Halbschattenvorrichtung für Präzisionsmessungen besonders geeignet sei.

Die durch die Keilform des Biquarzes hervorgerufene Ablenkung der Lichtstrahlen und der Mangel der ungleichförmigen Helligkeit des Gesichtsfeldes liessen sich zwar be-

seitigen, wenn man zwei keilförmige Biquarze verwenden würde (Fig. 3), d. h. wieder einen planparallelen Biquarz, aber von variabler Dicke, indessen könnte man alsdann wohl kaum genügend kleine Halbschatten herstellen. Uebrigens ist ein solcher doppelter Biquarz identisch mit der schon vor langer Zeit zur Bestimmung der Rotationsdispersion von G. Wiedemann (s. z. B. Wiedemann, Elektrizität. Bd. 3. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1883. *S. 914*; Landolt, Optisches Drehungsvermögen. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1898. *S. 380*) konstruirten Quarzdoppelplatte von veränderlicher Dicke.

Mit Hülfe des keilförmigen Biquarzes hat der Verf. für das grüne Quecksilberlicht 546,1 $\mu\mu$ die Drehung des Quarzwürfels ermittelt, der ihm zur Bestimmung des Kilogramms gedient hatte und etwa 40 *mm* Kantenlänge besitzt. Seine Versuche ergeben die Drehung einer bei 0° C. 1 *cm* dicken Quarzplatte zu

$$255{,}171^\circ + 0{,}046^\circ\,(t - 15).$$

(Sowohl in den *Compt. rend.* als im *Journ. de phys.* steht leider der sinnstörende Druckfehler 0,0046°.) Hieraus berechnet sich der Temperaturkoeffizient des Quarzes zu 0,000180 und zwar bei 16°, da die Drehungswinkel bei 13,40° und 19,43° bestimmt wurden. Hingegen fand Gumlich (*Wied. Ann.* ***64.*** *S. 359. 1898*) bei 16° den Temperaturkoeffizienten des Drehungswinkels gleich 0,000137; die Uebereinstimmung ist als recht schlecht zu bezeichnen, wenn man erwägt, dass dem Verf. für die Temperaturdifferenz von 6,03° C. eine Drehungsdifferenz von 1,11° zur Verfügung stand. Oder sollten etwa die Temperaturkoeffizienten der Quarze wirklich beträchtlich verschieden sein können? Es wäre dies wohl nicht unmöglich.

Nimmt man weiter den Ausdehnungskoeffizienten des Quarzes in der Richtung der Achse mit Benoit zu 0,000007 an, so ergiebt sich die Drehung einer bei 20° C. 1 *mm* dicken Quarzplatte bei 20° zu 25,5365°. Gumlich (*a. a. O. S. 345*) hat unter den gleichen Bedingungen den Werth 25,5317° erhalten. Die Abweichung von 0,0048°, d. i. 0,02%, auf welche die verschiedenen Temperaturkoeffizienten natürlich nur einen sehr geringen Einfluss haben, da der Verf. den Drehungswinkel bei 19,4° und Gumlich die seinigen in der Nähe von 20° bestimmte, dürfte als ziemlich beträchtlich zu bezeichnen sein und in Anbetracht der grossen relativen Genauigkeiten der Messungen wohl kaum durch die zufälligen Beobachtungsfehler erklärt werden können. Will man daher zur Erklärung der Differenz seine Zuflucht nicht zu grösseren systematischen Fehlern nehmen, so ist man zu der Annahme gezwungen, dass die Quarzplatten merkliche Drehungsunterschiede pro Millimeter aufweisen. Letzteres ist sehr gut möglich, denn der Ref. konnte bei seinen Arbeiten in der Reichsanstalt thatsächlich derartige Drehungsunterschiede nachweisen; er beobachtete an optisch reinen, etwa 1,6 *mm* dicken Quarzplatten pro Millimeter Drehungsdifferenzen bis zu 0,09%, einem Betrage, der höchstens zur Hälfte durch Beobachtungsfehler erklärt werden kann.

Nicht nur in der Richtung der Achse, sondern auch senkrecht zu derselben hat der Verf. seinen Quarzwürfel optisch untersucht. Er hat für senkrecht auf die Platte fallende Lichtstrahlen (wieder Wellenlänge $\lambda = 546{,}07424\ \mu\mu$ in Luft von 15° und unter einem Druck von 760 *mm*) den Gangunterschied δ bestimmt, welchen die parallel und senkrecht zur optischen Achse der Platte polarisirten Strahlen bei ihrem Durchtritt erleiden. Bezeichnet man den ordentlichen bezw. den ausserordentlichen Brechungsexponenten des Quarzes für Strahlen von der Wellenlänge λ mit n_o bezw. n_e und die Dicke der Platte mit d, so ist

$$\delta = d\,(n_e - n_o) = m\,d\,\lambda,$$

wo die Grösse m von der Dimension $[l^{-1}]$ die Interferenz-Ordnungszahl pro Längeneinheit ist. Bei grünem Quecksilberlicht findet der Verf. für eine bei 0° C. 1 *cm* dicke Quarzplatte

$$m = 168{,}3602 - 0{,}01668\,t - 0{,}0000395\,t^2,$$

d. h. mit anderen Worten: eine bei 0° C. 1 *cm* dicke Quarzplatte ruft, auf t° gebracht, den Gangunterschied $m\lambda$ hervor. Es ist also z. B. für 15° (die folgende Berechnung rührt vom Ref. her)

$$\delta_{15^\circ} = d_{15^\circ}\,(n_e - n_o)_{15^\circ} = m_{15^\circ}\,d_{0^\circ}\,\lambda_{15^\circ}\,,$$

$$(n_e - n_o)_{15^\circ} = \frac{m_{15^\circ}\,d_{0^\circ}\,\lambda_{15^\circ}}{d_{15^\circ}}\,.$$

Da nach Benoit der Ausdehnungskoeffizient des Quarzes senkrecht zur Achse bei 7,5° gleich 0,00001334 ist, so folgt

$$d_{15^\circ} = d_{0^\circ}(1 + 0{,}00001334 \times 15) = 1{,}00020010\, d_{0^\circ}$$

$$(n_e - n_o)_{15^\circ} = \frac{168{,}1011\,[cm^{-1}] \cdot 0{,}0000054607424\,[cm]}{1{,}0002001} = 0{,}009177730\,.$$

Der Verf. will nun auch umgekehrt aus der Interferenz-Ordnungszahl auf die Dicke der Platte schliessen: wird für eine zur Achse parallele Quarzplatte bei t° der Gangunterschied zu $M\lambda$ ermittelt, wo jetzt die Interferenz-Ordnungszahl M eine reine Zahl ist, so lässt sich die Dicke der Platte bei 0° in *cm* aus der Gleichung

$$d_{0^\circ} = \frac{M_t}{m_t}$$

berechnen. Allerdings, sagt der Verf. mit Recht, setzt die Anwendung dieser Methode die Identität der optischen Eigenschaften von Quarzen verschiedener Herkunft voraus. Er glaubt, dass dies der Fall ist, soweit es die von ihm erreichte Genauigkeit erfordert. Dieser Ansicht wird man indessen sehr skeptisch gegenüberstehen müssen, wenn man sich der oben besprochenen Drehungsdifferenzen bis zu 0,09% erinnert. Denn ähnlich wie bei zur Achse parallelen Quarzplatten der Gangunterschied von den ungleichen Fortpflanzungsgeschwindigkeiten der beiden parallel und senkrecht zur Achse polarisirten Strahlen herrührt, werden auch bei zur Achse senkrechten Quarzplatten die Drehungserscheinungen durch die beiden verschiedenen Fortpflanzungsgeschwindigkeiten in Richtung der Achse hervorgerufen. Aus den obigen Drehungsbestimmungen des Verf. berechnet sich z. B. für seinen Quarzwürfel in der Richtung der Achse

$$(n_e - n_o)_{15^\circ} = \frac{255{,}171^\circ \cdot 0{,}0000054607424\,[cm]}{180^\circ \cdot 1{,}000105\,[cm]} = 0{,}0000774043\,,$$

ein Werth, der indessen für verschiedene Quarze bis zu 0,09% veränderlich sein kann. Es dürfte daher unwahrscheinlich sein, dass die Differenz der Brechungsexponenten senkrecht zur Achse $(n_e - n_o)_{15^\circ} = 0{,}009177730$ und mit dieser der Werth von m für verschiedene Quarze bis auf etwa 0,0003%, wie vom Verf. verlangt, konstant ist. Die Ursache für das verschiedene optische Verhalten optisch homogener Quarze dürfte nach Ansicht des Ref. wohl in der möglichen Verschiedenheit der Dichten und in der variirenden chemischen Zusammensetzung zu suchen sein, da der Quarz neben Kieselsäureanhydrid noch kleine Beimengungen von Eisenoxyd, Eisensäure, Titanoxyd u. a. enthält. *Schönrock.*

Schlagweite zwischen Platten von geringem Abstand.

Von R. F. Earhart. *Phil. Mag. 1. S. 147. 1901.*

Schon früher hatte man wiederholt gefunden, dass bei kleinen Plattenabständen die Schlagweite elektrischer Entladungen nicht der Spannung proportional ist. Diese Thatsache hat man durch verschiedene Theorien zu erklären versucht, unter anderem durch die Hypothese, dass ein gewisser Betrag von Energie nöthig ist, um die an der Oberfläche der Körper haftende Luftschicht zu durchbrechen. Die ersten brauchbaren Versuche hierüber sind 1860 von Lord Kelvin ausgeführt worden; neuerdings hat Liebig in ähnlicher Weise wie Lord Kelvin ausgedehnte Messungen angestellt mit Abständen von 0,0066 bis 1,144 *cm*. Verf. wollte die Erscheinungen nochmals in möglichst kleinen Plattenabständen einer sorgfältigen Untersuchung unterziehen. Für die Messung dieser kleinen Abstände benutzte er Interferenzstreifen, die Messung des Potentials geschah mit einem geaichten Weston'schen Präzisionsvoltmeter. In Fig. 1 stellen D und D_1 die beiden auf geeigneten Unterlagen befestigten Platten dar; die Kugel D von 2,52 *cm* Durchmesser kann bei den kleinen hier in Betracht kommenden Abständen (bis etwa 200 Wellenlängen des Natriumlichts) nämlich ebenfalls als Ebene betrachtet werden. Die Kugel D ist fest gelagert, während der die Platte D_1 tragende Schlitten durch eine Mikrometerschraube verschoben werden kann; dieser trägt ausserdem eine planparallele Platte M, die im Verein mit einer zweiten fest-

stehenden Platte die Interferenzstreifen erzeugt. Bei der Veränderung des Abstandes zwischen D und D_1 wandern eine Anzahl Interferenzstreifen vor dem Fadenkreuze des Beobachtungsfernrohres vorüber, woraus sich die Abstandsänderung berechnen lässt. Die Stellung des Schlittens, bei welcher eine Berührung von D und D_1 eintritt, wird jedesmal durch einen besonderen Versuch mittels des Stromkreises 3 (Fig. 2) der ein Galvanometer und eine kleine elektromotorische Kraft (etwa 0,01 Volt) enthält, ermittelt. Im Stromkreis 1 befindet sich eine Akkumulatorenbatterie von 2000 Zellen, die in Gruppen von je 25

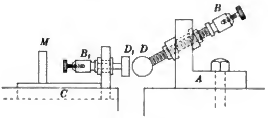


Fig. 1.

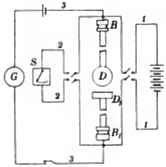


Fig. 2.

geschaltet werden können. Der Stromkreis 2 dient zum Messen des Potentials der Batterie mittels des Spannungsmessers S. Vor dem Versuch wurde die Oberfläche der Kugel mit Englisch Roth trocken polirt und von Staubpartikelchen durch Anblasen mit einem staubfreien Luftstrom befreit. Der Abstand der Platten wurde zunächst etwas grösser gewählt, als der zu messenden Schlagweite entsprach und dann allmählich verkleinert, bis ein Funken übersprang bezw. der Spannungsmesser einen plötzlichen Spannungsabfall anzeigte. Verf. fand, dass ein plötzliches Anwachsen des Potentials bis zum definitiven Betrag eine grössere Schlagweite bedingt, als eine allmähliche Zunahme. Die Resultate sind gewonnen bei langsam wachsendem Potential; in Fig. 3 sind die in Luft unter Atmosphärendruck erhaltenen Ergebnisse graphisch aufgetragen. Es zeigt sich hier die auch bei allen anderen Versuchen stets wiederkehrende Erscheinung, dass die Kurve zwischen 3 und 4 Wellenlängen einen Knick zeigt. Nimmt man an, dass dies Verhalten mit der an der Oberfläche der Körper haftenden Luftschicht zusammenhängt, so würde für diese eine Dicke von 1,5 Wellenlängen des Natriumlichts, also von 0,9 μ sich ergeben. Die von Liebig beobachteten Punkte (in Fig. 3 ist nur ein mit L bezeichneter Punkt eingetragen) stimmen recht befriedigend mit den Beobachtungen dieser Untersuchung überein. Verf. studirte sodann weiter den Einfluss des Druckes in dem Intervall von $^1/_5$ bis 3 Atm. Oberhalb 1 Atm. scheinen die verschiedenen Kurven bis zu dem schon erwähnten Knick bei 3 Wellenlängen überein zu stimmen, während sie nachher auseinandergehen; bei

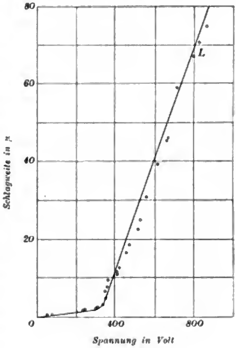


Fig. 3.

höheren Drucken ist dann für dieselbe Spannung die Schlagweite geringer als bei kleineren Drucken. Für ganz kleine Drucke nähert sich schliesslich der oberhalb des Umkehrpunkts liegende Theil der Kurve einer Parallelen zur Ordinatenachse, d. h. bei einer Erhöhung des Potentials über diesen Werth (etwa 300 Volt) springt der Funke bei jedem Plattenabstand über (Erscheinung bei Geissler'schen Röhren). Von anderen Gasen untersuchte Verf. Kohlensäure, für welche er etwas verschiedene Resultate erhielt, je nachdem das Gas in Bewegung war oder nicht. W. J.

Ueber eine Methode zur Bestimmung der Frequenz periodischer Ströme.

Von R. Kempf-Hartmann. *Elektrotechn. Zeitschr.* **22.** *S. 9. 1901.*

Befestigt man eine Stahlzunge mit ihrem einen Ende an einem Elektromagneten (vgl. die der genannten Quelle entnommene Fig. 1) und erregt diesen durch einen Wechselstrom, so geräth das andere Ende der Zunge in Schwingungen, wenn sich die Periodenzahl des Wechselstromes der Eigenperiode der Zunge nähert. Stimmen die Periodenzahlen überein, so beobachtet man an der Zunge ein Maximum der Schwingungsamplitude. Befestigt man nun an dem Elektromagneten eine ganze Reihe von Zungen, deren Eigenperioden in Abstufungen von je einer Einheit zunehmen, so wird bei Erregung des Magnets durch einen Wechselstrom von geeigneter Periodenzahl eine der Zungen einen maximalen Ausschlag zeigen, während die Amplituden der beiderseitig benachbarten allmählich abnehmen.

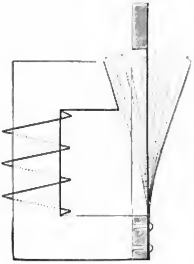


Fig. 1.



Fig. 2.

Der Apparat von Kempf-Hartmann, der unter Benutzung dieser Erscheinung konstruirt ist (vgl. Fig. 2), besteht aus einer mit Theilung versehenen kreisförmigen Scheibe, auf deren Umfang 32 Stahlzungen von 79 bis 110 Schwingungen aufgesetzt sind, sodass die Zungen einen Zylindermantel bilden. Durch Drehen eines in der Mitte der Deckplatte befestigten Griffes können diese Zungen vor den Polen eines feststehenden Wechselstrommagneten vorübergeführt werden. Letzterer besteht aus zwei hufeisenförmigen Blättermagneten, die zunächst mittels der links und rechts unten sichtbaren Knöpfe in eine mittlere Lage zusammengeschoben werden, sodass sie wie ein einfacher Magnet wirken.

Man dreht nun die Scheibe so lange, bis diejenige Zunge dem Magneten gegenübersteht, die die maximale Schwingungsamplitude zeigt; die zugehörige Zahl giebt die gesuchte Frequenz.

Man habe z. B. gefunden, dass die Frequenz des Wechselstromes 90 beträgt. Schiebt man jetzt die beiden Magnete symmetrisch aus einander, sodass sie vor den Zungen 92 und 88 stehen, so müssen diese Zungen kleinere, aber gleich grosse Schwingungsamplituden zeigen. Nimmt nun die Frequenz des Wechselstromes ab, so nimmt die Amplitude der Zunge 88 zu, diejenige der Zunge 92 ab. Eine derartige Theilung des Magneten ist mithin von Vortheil, wenn es sich darum handelt, eine Messung bei konstanter Wechselzahl auszuführen.

Nach diesem Prinzip ist auch ein Signalapparat zur Aufrechterhaltung einer bestimmten Polwechselzahl konstruirt worden. Derselbe enthält nur zwei Zungen, die in beliebig gewähltem Intervall die verlangte Frequenz eingrenzen. Steigt oder sinkt die Wechselzahl über eine bestimmte Grenze, so wird die Amplitude der einen der Zungen so gross, dass sie eine Alarmvorrichtung auslöst.

Der Frequenzmesser ist so eingerichtet, dass er bei jeder beliebigen Spannung von 75 bis 150 Volt gebraucht werden kann. Die rechts seitlich sichtbare Kurbel schaltet entsprechend der Spannung geeignete Vorschaltwiderstände ein. Eine einfache Dämpfungsvorrichtung aus Gummi verhindert zu grosse Amplituden.

Der Verfasser erläutert zum Schluss, wie sich dieses Prinzip eignet, um die Schlüpfung von Motoren zu bestimmen. *E. O.*

Neu erschienene Bücher.

Friedr. Dolezalek, Die Theorie des Bleiakkumulators. gr. 8°. VII, 122 S. m. Fig. Halle a. S., Wilh. Knapp 1901. 6,00 M.

Im Gegensatz zu den schon vorliegenden Werken über Akkumulatoren, die hauptsächlich vom Gesichtspunkt der Praxis aus deren Herstellung, Wirkungsweise und Behandlung besprechen, stellt vorliegende Schrift sich die Aufgabe, die Vorgänge im Blei-Akkumulator vom theoretischen Standpunkt der neueren physikalischen Chemie aus zusammenfassend zu beschreiben. Hat doch eine Reihe im letzten Jahrzehnt erschienener Arbeiten, an denen auch der Verf. selbst betheiligt ist, gezeigt, mit wie gutem Erfolg die neuere Auffassungsweise gerade in diesem Falle sich anwenden lässt. Nach der jetzt einzig in Betracht kommenden „Sulfattheorie“ von Gladstone und Tribe besteht der elektrochemische Vorgang bei der Entladung in einer Bildung von Bleisulfat aus dem Bleisuperoxyd und Bleischwamm der Elektroden auf Kosten der Schwefelsäure, während bei der Ladung der gerade umgekehrte Prozess sich abspielt. Es wird gezeigt, wie die chemischen Untersuchungen sowohl, als auch die Anwendung der allgemeinen thermodynamischen Gesetze zu Gunsten dieser Ansicht sprechen, die von der neueren osmotischen Theorie in verschiedener Weise näher veranschaulicht wird. Auch das, was man über die Aenderung der elektromotorischen Kraft mit der Säurekonzentration, mit der Temperatur und dem äusseren Drucke weiss, fügt sich in den Rahmen dieser Anschauung. Die Verschiedenheit endlich, die der Akkumulator in seiner Spannung bei Ladung und Entladung zeigt, seine anscheinende Irreversibilität, erklärt sich nach Dolezalek's eigenen Untersuchungen vollkommen daraus, dass die elektrochemischen Vorgänge besonders stark in den Poren der Elektroden sich abspielen, deren Säure-Inhalt seine Veränderungen erst allmählich mit der ausserhalb befindlichen Lösung ausgleichen kann. Auch die weiteren für die praktische Verwendung der Sekundär-Elemente wichtigen Grössen: innerer Widerstand, Kapazität, Wirkungsgrad und Nutzeffekt, werden nach den gleichen Gesichtspunkten behandelt, endlich kurz die Vorgänge bei der Formation und die bei der Untersuchung von Akkumulatoren passend anzuwendenden Messmethoden besprochen.

Jedem, der sich für elektrochemische Fragen interessirt, wird das klar geschriebene Werkchen gewiss willkommen sein. *Wg.*

A. Th. Walmisley, *Field Work and Instruments.* kl. 8°. 279 S. London, Fourdrinier 1900. 7,20 M. Derselbe, *Land Surveying and Levelling.* kl. 8°. 332 S. Ebenda. 1900. 7,20 M.

Die beiden Bände, in der *„Builder Student's Series“* erschienen, sind wohl geeignet, einen Ueberblick über den englischen Instrumentenbau der niedern Geodäsie und über die Anwendung dieser Instrumente zu verschaffen, der auch Lesern in Deutschland willkommen sein wird. Die Instrumente und ihre Einrichtungen sind auf besonderen Tafeln abgebildet, z. Th. in halbschematischen, für die Vorstellung aber genügenden Skizzen. Von Instrumenten, die in Deutschland wenig bekannt sind oder (theils mit Recht, theils aber mit Un-

recht) wenig benutzt werden, seien genannt: die zu manchen Zwecken ganz nützlichen kleinen Reflexionsinstrumente, die man in England als *Box-Sextant* bezeichnet; das *Hand Level* und Abney's Gefällmesser; der *Circumferentor*; die Modelle des Theodolits, die in England, Amerika und allen englischen Kolonien das Hauptinstrument des Ingenieurs bilden und mit dem Namen Transit-Instrument oder Transit bezeichnet werden; Eckhold's Omnimeter; Elliott's Tangenten-Tachymeter; der „Rekognoszirungsfeldstecher" von Ashenden, der eine Kombination aller möglichen Instrumente vorstellt und dessen Anwendung für manche Zwecke, flüchtige Aufnahmen auf Reisen u. dgl. gerühmt wird; der Nivellirtheodolit von Adie; einige Telemeterkonstruktionen; der Dalrymple-Hay'sche Kreisbogenabstecker.

Aus dem zweiten Bande, der mehr die Ausführung der Messungen behandelt, sind im Sinne dieser Zeitschrift anzuführen die Auftrage-Instrumente (*S. 92 bis 94, 99 bis 101*), der Eidograph, der Elliott'sche Proportionalzirkel, die „Flächenberechnungsskale" (*S. 151 bis 152*; ein Maassstab zur Addition von Mittelordinaten nach Art des „Mönkemöller'schen Planimeters", doch ohne Rolle).

Die hier aufgezählten Instrumente würden zum grössten Theile wohl verdienen, auch in nichtenglischen Kreisen bekannt zu werden. In anderen Beziehungen aber dürfen wir sagen, dass der deutsche Instrumentenbau dem englischen überlegen ist. Die Modelle der Theodolite, Tachymetertheodolite, Nivellirinstrumente aus guten deutschen Werkstätten sind den englischen vorzuziehen.

Zu „Goodman's Patent-Planimeter" im zweiten Band, *S. 157 bis 162*, ist zu bemerken, dass Prytz selbst, der Erfinder des Stangenplanimeters (der Name ist neben dem des Herstellers des einfachsten und eben deshalb besten Prytz'schen Beil-Planimeters, Mechaniker Knudsen in Kopenhagen, nicht einmal genannt) die kleine Abänderung, die Prof. Goodman an dem Instrument angebracht hat, „für alles eher als eine Verbesserung" erklärt hat.

Im Einzelnen hätte der Ref. viele Bemerkungen zu machen, für die aber hier der Raum fehlt. *Hammer.*

N. Herz, Wahrscheinlichkeits- und Ausgleichungsrechnung. Sammlung Schubert, Bd. XIX. gr. 8°. IV, 381 S. m. 3 Tab. Leipzig, G. J. Göschen 1900. Geb. in Leinw. 8,00 M.

Die ersten fünf Kapitel dieses Werks enthalten einen klar geschriebenen Abriss der Wahrscheinlichkeitsrechnung und ihrer Anwendung auf Glücksspiele, statistische und Versicherungsaufgaben, juristische Wahrscheinlichkeitsfragen u. s. f. Für diese Zeitschrift in Betracht kann nur das 6. Kapitel, die „Anwendung auf die Naturgesetze", die Ausgleichungsrechnung kommen, und der Ref. bedauert, sagen zu müssen, dass ihm gerade dieses Kapitel als das schwächste des Werks erscheint. Es fehlt nicht nur an der allernothwendigsten Vollständigkeit (ich führe als Beispiel nur an, dass *S. 374* unter den Bedingungsgleichungen in Dreiecksnetzen nur 1. die Dreiecks- und Polygon-Winkelgleichungen und 2. der Horizontabschluss in jedem Punkt erwähnt, die Seitengleichungen aber mit keinem Wort genannt werden), sondern es ist in diesem Theil geradezu die Versicherung des Programms dieser Lehrbüchersammlung: „Dabei wird den Anforderungen der Praktiker, der Techniker wie Naturwissenschaftler, in weitestem Maasse Rechnung getragen" vollständig ausser Geltung gesetzt. Niemand, vor Allem kein Praktiker irgend welcher Art, wird „praktische" Ausgleichungsrechnung aus diesem 6. Kapitel erlernen können. *Hammer.*

F. Domke, Nautische, astronomische u. logarithmische Tafeln nebst Erklärung u. Gebrauchsanweisung f. d. kgl. preussischen Navigationsschulen. 10. Aufl. Neu bearb. v. O. Canin. Lex. 8°. XXIII, 360 S. Berlin, R. v. Decker 1900. 9,80 M.; geb. in Leinw. 10,80 M.

A. Classen, Ausgewählte Methoden d. analyt. Chemie. 1. Bd. Unter Mitwirkg. v. H. Cloeren. gr. 8°. XX, 940 S. m. 78 Abbildgn. u. 1 Spektraltaf. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn. Geb. in Leinw. 20,00 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXI. Jahrgang. **April 1901.** Viertes Heft.

Ueber Farbgläser für wissenschaftliche und technische Zwecke.

Von
Dr. **Richard Zsigmondy** in Jena.

Schon seit längerer Zeit macht sich ein Bedürfniss verschiedener Zweige der Wissenschaft wie auch der Technik bemerkbar, Farbgläser zu besitzen, welche als Strahlenfilter für bestimmte Zwecke Verwendung finden können. Die grosse Unveränderlichkeit der gefärbten Glassubstanz sowohl, wie auch die einfache Handhabung der gefärbten Gläser sind Vorzüge vor den gewöhnlich verwendeten gefärbten Flüssigkeiten oder Trockenfiltern, welche gewiss zur weitgehenden Verwendung der ersteren geführt hätten, wenn man solches Material bisher in geeigneter Auswahl und der erforderlichen optischen Homogenität zur Verfügung gehabt hätte.

In der vorliegenden Mittheilung soll das praktische Ergebniss einer Arbeit besprochen werden, welche zum Zweck hatte, dem oben erwähnten Bedürfniss abzuhelfen[1]).

Die Lösung der folgenden Aufgaben erschien wünschenswerth:

1. Strahlenfilter aus Glas herzustellen, die einzelne Theile des Spektralgebietes möglichst ungeschwächt hindurch lassen, die anderen aber vollständig absorbiren.

2. Lichtfilter für Zwecke der photographischen Selektion und der Dreifarbenprojektion zu gewinnen. Hier kommt es darauf an, dem Praktiker rothe, grüne und blau-violette Gläser in passenden Nuancen zur Verfügung zu stellen.

3. Für manche Zwecke schien auch die Herstellung rauchgrauer Gläser in verschiedener Helligkeit, welche alle Theile des Spektrums möglichst gleichmässig stark absorbiren, wünschenswerth.

Ich gebe in der umstehenden Tabelle eine Uebersicht der nach Art des optischen Glases im Jenaer Glaswerke von Schott & Gen. hergestellten Farbgläser, deren Darstellung bisher gelungen ist. Die Mehrzahl dieser Gläser soll auch in Zukunft nach Bedarf wieder hergestellt werden.

Es können Platten verschiedener Dicke daraus geschnitten werden, die Flächenausdehnung dieser Platten unterliegt jedoch einer Einschränkung, indem bei vielen der Gläser, z. B. bei Grün 414^{III}, bei Rubin 2728, ein Wiedererweichen ohne Farbenänderung und damit eine geeignete Formgebung des Glases in der Hitze ausgeschlossen ist.

In der Figur auf *S. 99* gebe ich eine bildliche Darstellung der Absorptionsspektra, wie sie beim Anblick im Vergleichsspektroskop erscheinen. Als Vergleichs-

[1]) Die vorliegende Arbeit schliesst sich an eine wissenschaftliche Untersuchung „Ueber die Absorption des Lichtes in Farbgläsern“ an, über welche ich in den *Ann. d. Physik* **4.** *S. 60. 1901* berichtet habe und zu deren Durchführung ich von Hrn. Dr. O. Schott in Jena angeregt wurde.

spektroskop wurde das von Pulfrich in *dieser Zeitschr. 18. S. 381. 1898* beschriebene Instrument gewählt. Der Spalt desselben wurde soweit geöffnet, dass man die Fraunhofer'schen Linien eben noch sehen konnte. Als Lichtquelle diente das gewöhnliche Tageslicht.

Laufende Nummer	Art des Glases	Fabrik-Nummer	Farbe des Glases (Nuance)	Farbe und Lage des vom Glase nicht absorbirten Theiles des Spektrums[1]). Das Glas lässt durch	Dicke der untersuchten Glasplatte in mm
1	Kupferrubinglas[2])	2728	tiefroth	nur Roth bis $\lambda = 0{,}6\,\mu$	1,7
1a	Goldrubinglas	459^{III}	roth	Roth, Gelb, in dünner Lage auch Blau und Violett[6])	
2	Uranglas	454^{III}	hellgelb	Roth, Gelb, Grün bis *E b*; in dünner Schicht auch Blau	16
2a	"	455^{III}	hellgelb, stark fluoreszirend		
3	Nickelglas	440^{III}	hell gelbbraun	Roth, Gelb, Grün, letzteres geschwächt, auch stark geschwächtes Blau	11
4	Chromglas	414^{III}	gelbgrün	Gelbgrün, Absorption nahe mit der des Zettnow-Filters übereinstimmend	10
4a	"	433^{III}	grünlichgelb	Roth u. grün; von $\lambda = 0{,}65$ bis $\lambda = 0{,}50\,\mu$	5
4b	grünes Kupferglas	431^{III}	grün	Grün, gelb etwas Roth u. Blau	2 bis 3
5	Chromglas	432^{III}	gelbgrün	Gelbgrün, etwas Roth	2,5
6	Kupfer-Chromglas	436^{III}	grasgrün	Grün; vgl. die Figur	5
7	Grünfilter[3])	437^{III}	dunkelgrün	" " "	5
8	"	438^{III}	"	" " "	5
10	Kupferglas[2])	2742	blau, wie $Cu\,SO_4$	Grün, Blau, Violett	5 bis 12
11	Blauviolettglas[2])	447^{III}	blau wie Kobaltglas	Blau, Violett	5
	"		"	Blau, Violett, geschwächtes Blaugrün, *kein Roth*	2 bis 5
12	Kobaltglas	424^{III}	blau	Blau, Violett u. das äusserste Roth	4 bis 5
13	Nickelglas	450^{III}	dunkelviolett	Violett zwischen *G* u. *H* und das äusserste Roth	6
14	Violettglas	452^{III}	"	Violett zwischen *G* u. *H*, etwas geschwächt[4])	7
15	rauchgraues Glas[5])	441^{III}	grau, ohne erkennbare Nuance	alle Theile des Spektrums, geschwächt	0,1 bis 8
16	" "	445^{III}			0,1 bis 3

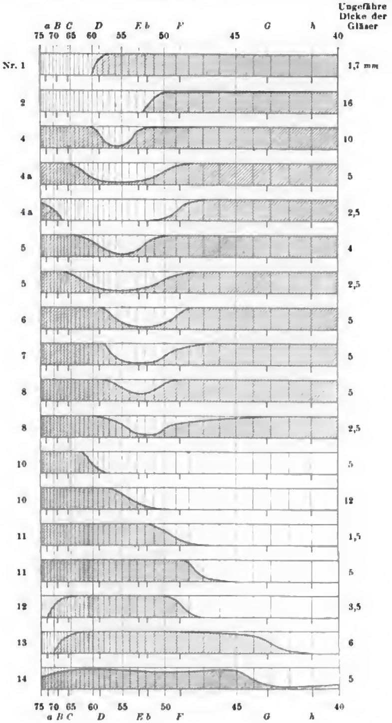
Mit Hülfe der in der Tabelle zusammengestellten Farbgläser lassen sich verschiedene Aufgaben lösen, von denen hier nur die folgenden erwähnt sein mögen:

1. Zerlegung des Spektralgebietes in zwei Abschnitte, von denen der eine nahezu ungeschwächt durch das Glas hindurchgeht, der andere vollständig absorbirt wird. Man erhält auf diese Weise zwei Farben, die einander nahezu komplementär sind. Die Zweitheilung des Spektrums lässt sich in doppelter Art durchführen:

[1]) Vgl. die Zeichnung des Absorptions-Spektrums in der Figur.
[2]) An trockenem Orte aufzubewahren.
[3]) In dünner Schicht auch Blau durchlassend.
[4]) Bei greller Beleuchtung auch das äusserste Roth durchlassend.
[5]) In dicken Schichten schwarz.
[6]) Die Lage des Absorptionsbandes im Grün ist verschieden je nach der Behandlung des Glases.

a) mit Hülfe der beiden Gläser 2728 (Nr. 1) und 2742 (Nr. 10). Rubinglas 2728, 1,6 bis 1,7 *mm* dick, lässt ein spektrales Roth durch, das blaue Kupferglas 2742 in etwa 5 *mm* dicker Schicht alle übrigen Farben des Spektrums;

b) mit Hülfe der beiden Gläser 454^{III} (Nr. 2) und 447^{III} (Nr. 11). Das Gelb des Uranglases 454^{III} ist aus Roth, Gelb und Grün zusammengesetzt, die Farbe des Glases 447^{III} in geeigneter Dicke (1,5 bis 2 *mm*) aus Blau und Violett mit etwas Grün.



Statt des 16 *mm* dicken Uranglases kann auch das Chromglas 433^{III} (Nr. 4a) verwendet werden in 2,5 bis 3,5 *mm* dicker Lage. Dieses Glas absorbirt auch das äusserste Roth; man verwendet darum als Komplementärglas das Kobaltglas Nr. 424^{III} (Nr. 12, ungefähr 3 *mm* dick), welches neben Violett und Blau auch das äusserste Roth durchlässt.

Vollkommen komplementär können die Farben dieser Kombinationen aus naheliegenden Gründen nicht sein. Man erhält durch Uebereinanderlegen der betreffenden Gläser kein reines Schwarz, sondern meist die *sehr stark geschwächte* Uebergangsfarbe. Auch wurde noch nicht versucht, ob die hindurchgelassenen Farben je einer Glaskombination durch Uebereinanderprojiziren ein reines Weiss geben. Es dürfte aber immerhin von Interesse sein, dass durch passend gewählte Farbgläser das weisse Licht in der angegebenen Weise zerlegt werden kann.

Eine andere Aufgabe von allgemeinerem Interesse ist die Zerlegung des Spektrums in drei aneinander grenzende Farbgebiete, Roth, Grün, Blau (letzteres auch das Violett enthaltend).

Es lässt sich diese Zerlegung mit Hülfe der in grösserer Auswahl vorhandenen grünen Gläser in verschiedener Weise durchführen, je nachdem man schärfere Abgrenzungen gegeneinander oder Uebereinandergreifen der Spektralgebiete wünscht.

Zwei dieser Kombinationen möchte ich hier erwähnen:

A)	Rubinglas 2728 (Nr. 1)	1,7 *mm* dick
	Chromglas[1]) 414^{III} (Nr. 4)	10 „ „
	Blauviolettglas 447^{III} (Nr. 11)	ca. 1,5 „ „
B)	Rubinglas 2728 (Nr. 1)	1,7 „ „
	Grünfilter 436^{III} (Nr. 6)	2,6 „ „
	Blauviolettglas 447^{III} (Nr. 11)	1,8 „ „

Bei letzterer Kombination greift die Intensitätskurve des grünen Glases in die benachbarten Spektralgebiete über.

Für Zwecke der Dreifarbenselektion und der Dreifarbenprojektion sind andere Kombinationen geeigneter, über welche C. Grebe in einer an die vorliegende Arbeit anschliessenden Veröffentlichung berichten wird. Ich möchte nicht unterlassen, an dieser Stelle mitzutheilen, dass Hr. Dr. Grebe durch Untersuchen der Probeschmelzen und durch genaue Bezeichnung der für die photographische Reproduktion u. s. w. wünschenswerthen Eigenschaften der Strahlenfilter in reger Weise Antheil genommen hat an der Herstellung neuer Farbgläser, welche für die betreffenden Gewerbe von Wichtigkeit werden könnten.

Eine Viertheilung des Spektrums lässt sich mit Hülfe von Farbgläsern nur in unvollkommener Weise durchführen. Es fehlt bisher an einem Blaufilter, welches das spektrale Blau allein und in genügender Helligkeit hindurchlässt. Das Violettglas 450^{III} oder 452^{III} wird sich vielleicht für Zwecke der Mikrophotographie verwenden lassen, das Blauviolettglas 447^{III} u. A. für Zwecke der Botaniker. Es sind probeweise einige Glasglocken von 17 bis 19 *cm* Durchmesser und 20 bis 25 *cm* Höhe davon angefertigt worden.

Ein Glas, welches das spektrale Gelb allein durchlässt, lässt sich nicht darstellen, ebensowenig ein Purpurglas, welches das Gelbgrün allein absorbirt und alle anderen Farben ungeschwächt hindurchlässt. Das Goldrubinglas Nr. 1a hat zwar das erforderliche Absorptionsband im Grün, zeigt aber auch beträchtliche Absorption im blauen und violetten Theile[2]) des Spektrums.

Wie schon erwähnt, wird die Mehrzahl der Farbgläser vom Jenaer Glaswerk nach Bedarf hergestellt. Es kann dabei in einzelnen Fällen vorkommen, dass die Färbung des neu hergestellten Glases nicht vollkommen mit der der älteren Schmelzung

[1]) Es mag bemerkt werden, dass die Herstellung dieses Glases Schwierigkeiten bietet, welche die Möglichkeit einer fabrikmässigen Darstellung in Frage stellen.

[2]) Diese Lichtschwächung im Blau kommt auf der photographischen Platte nicht sehr zur Geltung, weil die Platte im Blau weit empfindlicher ist als im Roth.

übereinstimmt. Derartige Verschiedenheiten sind besonders bei Rubingläsern, wie auch bei dem Chromoxyd bis zur Sättigung enthaltenden Glase 414^{III} zu erwarten.

Die Verschiedenheiten zweier Schmelzungen desselben Glases können sich sowohl in Verschiedenheiten der Intensität der Färbung wie auch in Verschiedenheit der Lage der Absorptionsbanden im Spektrum äussern. Der erstere Uebelstand (der z. B. bei Kupferrubinglas eintreten kann) wird meist nicht schädlich wirken; man kann die Abweichung leicht durch geeignete Dickenänderung der Glasplatten beseitigen. Der letzterwähnte Uebelstand, Aenderung der Lage der Absorption im Spektrum (der bei Goldrubin- und Chromglas eintreten kann), wird allerdings zu mancherlei Schwierigkeiten führen. Man ist in diesem Falle genöthigt, ein und denselben Glassatz mehrmals abzuschmelzen und durch geeignete Abänderung in der Behandlung des Glases die ursprüngliche Nuance wieder zu gewinnen.

Auch auf eine andere Schwierigkeit, die bei der dauernden Fabrikation dieser Gläser sich bemerkbar machen wird, sei hier aufmerksam gemacht. Bei optischem Glase wird jedes Bruchstück, ehe es der Formgebung durch Wiedererweichen (Ramolliren) unterzogen wird, genau geprüft; man hat es in der Hand, die fehlerhaften Stücke von vornherein auszuscheiden. Bei Farbgläsern ist die Ausscheidung fehlerhafter Stücke wegen der intensiven Färbung derselben häufig erst dann möglich, wenn man das Glas in dünne Platten zerschnitten, geschliffen und polirt hat.

Zum Schlusse möchte ich mir erlauben, Hrn. E. Grieshammer, wissenschaftlichem Mitarbeiter des Jenaer Glaswerkes, für die vielfache Unterstützung bei der praktischen Durchführung der Glasschmelzen in grösserem Maassstabe meinen Dank auszusprechen, auch möchte ich nicht unerwähnt lassen, dass Hr. Werkmeister J. Schmidt durch zweckmässige Anordnung der Einrichtungen beim Versuchsofen sich Verdienste um das Zustandekommen einiger der beschriebenen Gläser erworben hat.

Jena, im Oktober 1900.

Ueber Jenenser Lichtfilter.

Von

Dr. C. Grebe.

Die Untersuchung der Versuchsschmelzen von Hrn. Dr. Zsigmondy wurde von mir mit einem kleinen Spektrographen vorgenommen. Es handelte sich dabei nicht um genaue Messungen, zu welchen mir der erforderliche Apparat vorläufig fehlte, sondern um eine einfache Uebersicht über das vorliegende Material. Die Aufnahmen sind theils mit, theils ohne Kompensation auf Cadett-*Spectrumplates* gemacht. Um die Intensitätsverhältnisse annähernd wiederzugeben, wurde ein Keilspalt benutzt. Zur Orientirung dienten die mitphotographirten Wellenlängenskalen, welche möglichst genau justirt sind. Fig. 1 zeigt das Bild des benutzten panchromatischen Prozesses. Der Rothfehler ist durch die gestrichelte Kurve angedeutet.



Fig. 1.

Für *Kompensations*-Zwecke[1]) werden von der Firma C. Zeiss schon lange Gelbscheiben in drei verschiedenen Nuancen offerirt[2]).

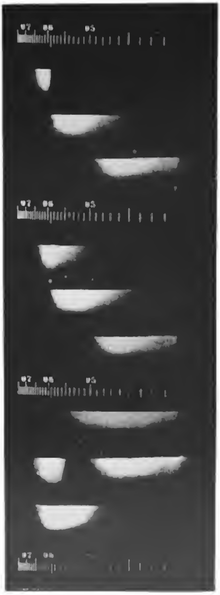
[1]) Ueber die verschiedenen Lichtfiltertypen orientirt man sich am besten in meiner ausführlichen Arbeit „Ueber Lichtfilter“ im Oktober-Novemberheft der Photographischen Correspondenz 1900.

[2]) Vgl. den Katalog: „Photographische Objektive und optisch-photographische Hülfsapparate“. Jena, optische Werkstätte von C. Zeiss.

Für *Kontrast*-Filter findet man leicht die gewünschte komplementäre Zone aus den Tabellen der vorliegenden Mittheilung.

Monochromatische Filter sind für Roth, Grün und Violett direkt vorhanden. Durch subtraktive Kombinationen lassen sie sich in grosser Zahl herstellen.

Selektionsfilter (Jenaer Versuchsschmelzen).



Fabrik-Nr.	Farbe	Verwendung
2745	Roth	für additive Dreifarben-Synthesen.
438^III	Grün	
447^III	Blauviolett	
—*)	Röthlich-orange	für Dreifarbenselektion auf Cadett-*Spectrumplate*.
438^III + Komp.	Grün	
447^III + Komp.	Blauviolett	
123^III	Hellblau	für subtraktive Dreifarbensynthese.
Goldrubinglas 459^III	Purpur	
454^III	Gelb	

Fig. 2.

*) Dies Glas (von Gebr. Putzler in Penzig) ist bereits im Handel vorräthig.

Für *Schutz*-Filter-Zwecke hat man vom äussersten Roth bis zum Hellgelb eine reichhaltige Kollektion zur Auswahl, obgleich in diesen Fällen auch gute Ueberfanggläser genügende Dienste leisten.

Was endlich die *Selektions*-Filter anbelangt, so habe ich die wichtigsten Gläser in der vorstehenden Tabelle (Fig. 2) zusammengestellt.

Die drei oberen Gläser eignen sich besonders für die additiven Dreifarbenprojektionsmethoden, sie geben die Nuance der drei Young'schen Grundempfindungen genügend rein wieder.

Rothe, orange, gelbe und gelbgrüne Filter.



Nr.	Expos. in Sek.	Aufnahme	Filterdicke in mm	Glasart	Fabrik-Nr.
1	300		1,5	Rothes Kupferrubinglas	2745
	160		—	Orangeglas*) u. Komp.	
	160		—	Orangeglas	
	120		4	Eisenglas	446^{III}
	100		--	Cadett *Light filter**)	
2	100		10	Uranglas	454^{III}
	80		1	Kompensationsfilter	
3	25		10	Nickelglas	440^{III}
	20		—	Uranglas	453^{III}
	20		1,5	Gelbscheibe*)	
	25		5	Chromglas	434^{III}
4	25		5	Chromglas	414^{III}
5	20		1,6	Chromglas	432^{III}

Fig. 3.

*) Ein Glas des Handels, welches nicht zu den von Zsigmondy bei Schott & Gen. hergestellten gehört.

Die mittleren drei Gläser (Fig. 2) sind hervorragend für die Selektion mit panchromatischem Prozess geeignet. Ihre Durchlässigkeitskurven verlaufen ähnlich den Vertheilungskurven der Grundempfindungen im Spektrum. Die letzten drei Gläser sind zu den vorhergehenden nahezu komplementär; sie stellen die Idealdruckfarben für den Dreifarbendruck, überhaupt die Idealfarben für die subtraktive Synthese in drei Farben dar.

Mit Hülfe dieser Gläser habe ich eine nahezu vollkommene Reproduktion des prismatischen Spektrums durch subtraktive Kombination erzielt (Dreifarbenglasspektrum).

Grüne, blaugrüne, blaue und violette Filter.

Nr.	Expos. in Sek.	Aufnahme	Filterdicke in mm	Glasart	Fabrik-Nr.
					
6	20		3	Grünes Kupferchromglas	436^{III}
	20		0,5	Chromglas	432^{III}
7	25		3,5	Grünfilterglas	437^{III}
	120		3	Grünfilterglas u. Komp.	438^{III}
8	25		3	Grünfilterglas	438^{III}
4b	20		5	Grünes Kupferglas	431^{III}
10	90		10	Blaues Kupferglas u. Komp.	2742
	7		10	Blaues Kupferglas u. Komp.	423^{III}
	100		—	Subtraktive Kombination	$\{454^{III}$ $\{447^{III}$
11	100		—	Blauviolettglas u. Komp.	447^{III}
	7		2,5	Blauviolettglas	447^{III}
12	7		2,5	Kobaltglas	424^{III}
13	7		2,5	Nickelglas	450^{III}

Fig. 4.

Fig. 3 und 4 zeigen eine Anzahl Spektralaufnahmen von Roth bis Violett.

Durch geeignete Kombinationen, sowohl additiv wie subtraktiv, lassen sich die Wirkungsbilder ohne Weiteres zahlreich variiren. Besonders empfehlenswerth für viele Zwecke sind auch Kombinationen mit Gläsern, welche seltene Erden enthalten

(Didym, Cer u. s. w.). Die scharfen Linien derartiger Gläser lassen eine ausgedehnte Verwendung zu.

Die ersten Nummern bezeichnen die besonders wichtigen Versuchsschmelzen. Die Auswahl würde für die meisten Zwecke der Praxis genügend sein.

Jena, im Oktober 1900.

Nachschrift. Die vorliegende Arbeit wurde dem Unterzeichneten im Oktober v. J. vom Verfasser anvertraut mit der Bitte, dieselbe gleichzeitig mit der voranstehenden der Oeffentlichkeit zu übergeben. Eine schwere Erkrankung hat den in seinem Berufe rastlos thätigen Mann dem Kreise seiner Familie, seiner Freunde und Berufsgenossen entrissen. Dr. Grebe starb in Sestri-Levante, Riviera, am 18. Dezember 1900; er war seit Oktober 1898 wissenschaftlicher Mitarbeiter der optischen Werkstätte von C. Zeiss in Jena, woselbst die vorliegende Arbeit durchgeführt wurde. Leider wurde durch eine Reihe von Umständen ihre Absendung bis heute verzögert.

Jena, den 8. März 1901. *R. Zsigmondy.*

Die Thätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1900[1].

A. Allgemeines.

Ueber den im Berichtsjahre erschienenen 3. Band der Wissenschaftlichen Abhandlungen und über die sonstigen Veröffentlichungen siehe den Anhang.

Es wurde ferner ein Verzeichniss der Veröffentlichungen aus der Reichsanstalt in den Jahren 1887 bis 1900 (Verlag von J. Springer, Berlin) herausgegeben.

Der Entwurf der Ausführungsbestimmungen zu dem Gesetz betreffend die elektrischen Maasseinheiten (siehe den vorjährigen Thätigkeitsbericht) liegt dem Bundesrath zur Beschlussfassung vor.

Die Weltausstellung in Paris ist von der Reichsanstalt mit einer Reihe von Instrumenten beschickt worden. An den wissenschaftlichen Kongressen betheiligten sich mehrere ihrer Beamten.

B. Erste (Physikalische) Abtheilung.

I. Thermische Arbeiten[2]. *1. Dichte des Wasserdampfes bei 100°*[3].

Die Versuche, die Dichte des unter Atmosphärendruck gesättigten Wasserdampfes mit einem Glasgefäss zu bestimmen, sind fortgesetzt und abgeschlossen worden (Anh. Nr. 4). Es möge hier zunächst kurz an den Zweck dieser Versuche erinnert werden.

Eine Einrichtung, welche bestimmt war, die Dichte des gesättigten Wasserdampfes bei Temperaturen zwischen 100° und 200° zu liefern, hatte bei Anwendung eines Stahlzylinders bei 185° anscheinend gute Resultate gegeben, dagegen wich das Ergebniss bei 100°

[1]) Auszug aus dem dem Kuratorium der Reichsanstalt im März 1901 erstatteten Thätigkeitsbericht. Die Zahl der an der Anstalt ständig beschäftigten Personen beträgt 96 und zwar 35 wissenschaftliche Beamte, 41 technische Beamte, 20 Bureau- und Unterbeamte. Dies Personal setzt sich folgendermaassen zusammen: Der Präsident, der Direktor, 12 Mitglieder, 9 Technische Hülfsarbeiter, 4 Assistenten, 8 Wissenschaftliche Hülfsarbeiter; 4 Mechaniker, etatsmässig angestellt, 30 Mechanikergehülfen, 1 Glasbläser, 1 Tischler, 1 Klempner, 2 Maschinisten, 2 Heizer; 1 Bureau-Vorsteher, 4 expedirende Sekretäre, darunter 2 mit den Funktionen technischer Assistenten, 4 Kanzleisekretäre, 4 Unterbeamte, 5 Hausarbeiter, 2 Gärtner. Als wissenschaftliche Gäste betheiligten sich die Professoren Pringsheim und Rubens.

[2]) Im Folgenden sind die Namen derjenigen Beamten, welche die betreffenden Arbeiten ausgeführt haben, in Anmerkungen zu den einzelnen Nummern des Textes aufgeführt.

[3]) Thiesen, Scheel.

so stark von dem erwarteten ab, dass eine gröbere Fehlerquelle vorzuliegen schien. Eine solche wurde in erster Linie in dem Einfluss der Gefässwände gesucht; da die Wände des Zylinders, wie sich nachträglich zeigte, Rostflecken aufwiesen und Rost schon nach Faraday's Beobachtung erhebliche Mengen Wasserdampf absorbirt, so war diese Annahme wohl auch richtig. Zur weiteren Aufklärung wurde nun, ohne sonst etwas Wesentliches an der Einrichtung zu ändern, das Stahlgefäss durch ein Glasgefäss ersetzt, das allerdings nur bei Atmosphärendruck gebraucht werden kann.

Das Resultat der Versuche mit diesem Glasgefäss lässt sich unter Beziehung auf nebenstehende Fig. 1, in der die Drucke als Abszissen, die nach dem Boyle'schen Gesetze konstanten Produkte pv als Ordinaten aufgetragen sind, wie folgt schildern:

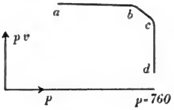


Fig. 1.

Bei wachsendem Drucke nimmt pv anfangs langsam und sehr gleichmässig ab; für jedes *mm* Druckzunahme beträgt die Abnahme 0,000025 des Werthes von pv; nimmt man also, wie es wohl richtig ist, an, dass das Kurvenstück ab dem normalen Verhalten des ungesättigten Dampfes entspricht, so würde sich für den gesättigten Dampf bei Atmosphärendruck eine Dichte ergeben, die um nahe 2 vom Hundert grösser ist als die nach dem Boyle'schen Gesetze berechnete. An das regelmässige Kurvenstück ab schliesst sich nun in unstetiger Weise ein ganz abweichend verlaufendes Kurvenstück bc an, welches ausserdem die Eigenthümlichkeit zeigt, dass sein Verlauf und auch die Stelle seines Ueberganges in ab in den verschiedenen Reihen ganz verschieden sind. Hieran schliesst sich dann das dem gesättigten Dampfe entsprechende Kurvenstück cd, doch nehmen auch hier die Drucke anfangs noch etwas zu, statt ganz konstant zu bleiben. Zu bemerken ist noch, dass durch eine Versuchsreihe der Verlauf der Kurve zeitlich in der Richtung $dcba$ festgestellt wurde.

Aus verschiedenen Gründen wird niemals ein ganz scharfer Schnittpunkt der Kurven ab und cd gefunden werden können. Im vorliegenden Falle liegt die starke Abweichung aber in der besonderen Versuchsanordnung, nämlich darin, dass in diesem Stadium der stationäre Zustand aus Zeitmangel nicht abgewartet wurde, da noch eine halbe Stunde nach der jedesmaligen Vergrösserung des Volumens eine merkliche Aenderung stattfand, und der Rechnung nur die letzte Ablesung zu Grunde gelegt wurde. Allerdings wurde die zeitliche Aenderung messend verfolgt, die Erwartung, durch zeitliche Extrapolation mit genügender Sicherheit auf den Endzustand schliessen zu können, hat sich aber nicht erfüllt, da die Art der Aenderung für jede Reihe und jede Beobachtung eine andere war und daher die Daten für eine hinreichende Theorie der Aenderung fehlen. Dass aber die Erreichung des Endzustandes gerade bei den Versuchen mit dem Glasgefäss eine so lange und wechselnde Zeit beanspruchte, erklärt sich hinreichend aus der thermischen Isolirtheit, in der sich einzelne Wassertheilchen befinden konnten, aus der grossen Verdampfungswärme des Wassers und aus der geringen asymptotisch verlaufenden Temperaturdifferenz zwischen der Wärmequelle und dem Wasser und Wasserdampfe.

Das oben angegebene positive Resultat, die Bestimmung des Kurvenstückes ab, könnte noch mit einem Fehler in Folge eines systematischen, stets in gleicher Weise auftretenden Einflusses der Wände der Glasgefässe behaftet sein. Es wurden daher noch Versuche angestellt, diesen Einfluss durch künstliche Vergrösserung der Oberfläche des Gefässes unter Einführung von Glasstreifen zu bestimmen. Da aber die Grundlagen für die Berechnung der Versuche durch Einführung der Glasstreifen an Sicherheit verloren haben, so ist das Ergebniss dieser Versuche kein ganz sicheres.

2. Dichte des Wasserdampfes bei Zimmer-Temperatur[1]).

Die Kenntniss der Dichte des Wasserdampfes bei Temperaturen unter 100° wird von der Technik nicht gefordert; aber abgesehen von ihrer Bedeutung für die Meteorologie und die reine Physik wird durch diese Kenntniss, wie leicht näher begründet werden könnte, auch eine Deutung und formelmässige Darstellung der bei höheren Temperaturen erlangten

[1]) Thiesen.

Resultate sehr gefördert werden. Mit den vorhandenen Einrichtungen liess sich nun leicht eine Anordnung treffen, welche voraussichtlich erlauben wird, die bisher bei niederen Temperaturen selbst der Ordnung nach noch unsichere Abweichung des Wasserdampfes vom Boyle'schen Gesetze bei Zimmertemperaturen messen zu können.

Die in beistehender Fig. 2 skizzirte Versuchsanordnung besteht aus den drei Glasballons B_1, B_2, B_3, die beiden ersten von 10 *l*, der letztere von 1 *l* Inhalt, die untereinander, mit den beiden Schenkeln M_1 M_2 eines Manometers, mit einer Quecksilberpumpe P und mit den Entwicklungsgefässen E_1 E_2 verbunden sind; als Hähne funktionirende Quecksilberverschlüsse (in der Figur durch × angedeutet) erlauben, bei nicht zu grossen Drucken die Verbindungen zu unterbrechen.

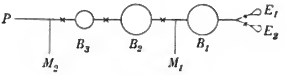


Fig. 2.

Der Versuch wird nun so geführt, dass das ganze System leer gepumpt wird; alsdann entwickelt man in einem der Gefässe E das zu untersuchende Gas, das in den Ballon B_1 tritt, misst dessen Druck, lässt das Gas in den Ballon B_2 oder in B_2 und B_3 treten, misst den neuen Druck und wiederholt den Versuch mit einem andern Anfangsdruck, nachdem die Ballons B_2 und B_3 leer gepumpt sind. Das Manometer ist das bei den veröffentlichten Versuchen über die Spannung des gesättigten Wasserdampfes benutzte.

Die Versuche mit Wasserdampf sind zur Zeit der Abfassung dieses Berichtes im Gange. Vorgesehen sind ausserdem Versuche mit Sauerstoff, da dieser nach mehreren Beobachtern, deren Ergebnisse allerdings quantitativ und selbst qualitativ wenig unter einander übereinstimmen, bei einem Drucke von 0,7 *mm* eine bedeutende Anomalie zeigen soll. Ausserdem kann die Einrichtung dazu dienen, den Einfluss der Oberfläche verschiedener Substanzen zu studiren, indem man den kleinen Ballon mit dieser Substanz in feiner Vertheilung, etwa mit Glasfäden, füllt und die Versuche mit Wasserdampf wiederholt; dieser kleine Ballon kann auch auf verschiedene Temperaturen gebracht werden.

3. Spannung des Wasserdampfes bei 50° [1]).

Die Versuche über die Spannung des Wasserdampfes in der Nähe von 50° haben noch nicht durchgeführt werden können, da es trotz lange andauernder Bemühungen nicht gelungen ist, das Manometer vollständig dicht zu erhalten. Die anfangs angewandten aus Spiegelglasplatten mit einer leicht schmelzbaren Emaille zusammengesetzten Kästen, die im vorjährigen Berichte erwähnt sind, erwiesen sich in den Fugen als undicht. Es wurden alsdann, da eine Dichtung nicht gelang und schliesslich einer der Kästen sprang, Eisenkästen verwandt, die in ähnlicher Weise, wie es bei dem Manometer geschah, das bei der Bestimmung der Spannung bei 0° benutzt wurde, durch aufgekittete Glasplatten verschlossen sind; aber auch hier gelang keine Dichtung, die dem Temperaturwechsel von 80° dauernd widerstand, wenn auch einer der Kästen viele Wochen hindurch, der andere einige Tage dicht hielt. Es soll jetzt noch ein Versuch mit anders konstruirten Eisenkästen gemacht werden.

4. Hohe Temperaturen [2]).

Die Messung hoher Temperaturen ist bis 1150° mit dem Luftthermometer zu Ende geführt und veröffentlicht worden (Anh. Nr. 5). Die Angaben der Thermoelemente sind auf eine Reihe von Schmelzpunkten bezogen, die noch verschiedene Male im Laufe des Berichtsjahres kontrolirt wurden. Die Konstanz und leichte Reproduzirbarkeit dieser Fixpunkte leistete besonders gute Dienste bei der Untersuchung der Veränderungen, welche die Thermoelemente während des Gebrauchs unter der Einwirkung reduzirender Gase bei Gegenwart von Silizium erleiden können. Die Aenderungen treten besonders hervor, wenn man die Thermoelemente in verschiedener Anordnung gebraucht, wie es bei der Messung von Temperaturgefällen nöthig ist. Der Platindraht wird regelmässig am stärksten angegriffen, wie auch schon die äussere Beschaffenheit zeigt. In vielen Fällen gelingt es, die Drähte dadurch wieder herzustellen, dass man sie an freier Luft in hoher Weissgluth elektrisch längere Zeit ausglüht.

[1]) Thiesen.

[2]) Holborn, Day.

Für die Schmelzpunkte haben sich folgende Werthe ergeben:

Kadmium	322° C.
Blei	327
Zink	419
Antimon	630
Aluminium (unscharf)	657
Silber, an der Luft (unscharf)	955
Silber, rein	962
Gold	1064
Kupfer, an der Luft	1065
Kupfer, rein	1084

Die Methoden für die Bestimmung der Schmelzpunkte sind schon im vorigen Bericht mitgetheilt. Nachträglich ist noch der Schmelzpunkt des Goldes nach der Tiegelmethode untersucht, wofür eine Goldmenge von 450 *g* benutzt wurde. Es ergab sich vollständige Uebereinstimmung mit dem nach der Drahtmethode erhaltenen Werthe.

Oberhalb 1150° beruhen bis jetzt die Temperaturangaben auf der Extrapolation der quadratischen Formel, die für das Element Platin-Platinrhodium aus den Beobachtungen zwischen 250° und 1150° abgeleitet wurde. Mit diesem Element sind noch verschiedene andere Elemente, wie Platin-Platinruthenium, Platin-Rhodium und Platin-Iridium bis 1500° verglichen. Auch für diese Elemente gelten in dem Intervall 250° bis 1150° Formeln zweiten Grades, die, bis auf 1500° extrapolirt, innerhalb 5° mit dem Normalelement Platin-Platinrhodium übereinstimmende Angaben liefern.

5. Ausdehnung in hoher Temperatur[1]). Die Messung der Ausdehnung eines Platiniridiumstabes bis 1000°, die für die luftthermometrischen Untersuchungen nöthig war, ist zu Ende geführt und hat die Brauchbarkeit der schon mitgetheilten Methode ergeben. Da bisher nur wenig sichere Daten über die thermische Ausdehnung in hoher Temperatur vorliegen, ist die Untersuchung noch auf verschiedene andere Metalle ausgedehnt worden. Die Ausdehnung λ lässt sich überall, soweit keine Zustandsänderungen in Frage kommen, durch eine Formel zweiten Grades darstellen.

Es ergaben sich folgende Resultate, die schon veröffentlicht sind (Anh. Nr. 7):

	$10^9\,\lambda$	Geltungsbereich
Platin	$8868\,t + 1{,}324\,t^2$	0 bis 1000°
Palladium	$11670\,t + 2{,}187\,t^2$	0 „ 1000°
Platiniridium (80 Pt, 20 Ir)	$8198\,t + 1{,}418\,t^2$	0 „ 1000°
Silber	$18270\,t + 4{,}793\,t^2$	0 „ 875°
Nickel	$13460\,t + 3{,}315\,t^2$	300° „ 1000°
Konstantan	$14810\,t + 4{,}024\,t^2$	0 „ 500°
Eisen	$11705\,t + 5{,}254\,t^2$	0 „ 500°
Stahl	$9173\,t + 8{,}336\,t^2$	unter 500°

Ferner sind noch Berliner Porzellan bis 1000° und Jenaer Glas 59^{III} bis 500° gemessen. Für Porzellan, das in mehreren, verschieden hergestellten Proben untersucht werden soll, liegt eine Messungsreihe vor, die sich nicht in ihrem ganzen Verlaufe durch eine quadratische Formel darstellen lässt. Auch für Glas 59^{III} sind die Messungen noch nicht abgeschlossen. Zuerst wurden ungekühlte Stäbe untersucht, die sich in Folge der ersten Heizungen bis um 1 *mm* verkürzten. Es konnte festgestellt werden, dass die Verkürzung hauptsächlich während der Einwirkung der höchsten Temperatur eintrat. Die gekühlten Stäbe zeigten nur geringe Aenderungen nach dem Erhitzen.

6. Tiefe Temperaturen[2]). Neuerdings angefertigte Petrolätherthermometer, zu deren Füllung derselbe, bis zu etwa 15° Siedepunkt fraktionirte Petroläther wie früher benutzt war, stimmen mit den alten Thermometern gut überein. Als Normale bei dieser Vergleichung werden Platinwiderstände

[1]) Holborn, Day, Dittenberger.

[2]) Holborn, Day, Dittenberger.

benutzt, die auf das Wasserstoffthermometer bezogen sind. Es hat sich hierbei von Neuem ergeben, dass die Abhängigkeit des Widerstandes von der Temperatur für die unteren Temperaturen nicht genau durch eine quadratische Gleichung dargestellt wird, ein Resultat, das schon aus den i. J. 1896 angestellten Messungen gefolgert, von Callendar aber bestritten wurde. Inzwischen haben auch die von Dewar in flüssigem Wasserstoff angestellten Temperaturbestimmungen die Ungültigkeit der parabolischen Formel für tiefe Temperaturen ergeben. Je grösser der Temperaturkoeffizient, also je reiner nach allgemeiner Annahme das Platin ist, um so höher liegt der aus der Widerstandsformel extrapolirte absolute Nullpunkt.

7. Wärmeleitung[1]).

Die bisher ausgeführten und zum grössten Theil bereits im vorigen Thätigkeitsbericht mitgetheilten Untersuchungen über die Wärmeleitung und andere physikalische Konstanten von Metallen bei 18° und 100° sind in ausführlicher Weise im dritten Band der Wissenschaftlichen Abhandlungen niedergelegt (Anh. Nr. 10). Zugleich ist hier eine eingehende theoretische Erörterung der auf die Methoden bezüglichen Fragen gegeben worden. Aus den Resultaten ist in der Hauptsache Folgendes zu erwähnen: Bei den reinen Metallen: Kupfer, Silber, Gold, Zink, Kadmium, Blei, Zinn gilt das Wiedemann-Franz'sche Gesetz von der Proportionalität der Leitvermögen für Wärme und Elektrizität bei gleicher Temperatur als Näherung. Die Abweichungen erreichen wenige Prozente, übersteigen aber die Beobachtungsfehler sicher. Von dem Lorenz'schen Gesetz, dass das Leitverhältniss der absoluten Temperatur proportional sei, konnte bei dieser Gruppe von Metallen eine Abweichung nicht konstatirt werden. Anders, aber unter sich übereinstimmend, verhalten sich Platin und Palladium und wieder anders Eisen und Nickel. Das letztere konnte bisher nicht genügend rein erhalten werden, doch lässt sich bereits vermuthen, dass es sich dem Eisen anschliessen werde. Besondere Erscheinungen zeigen Aluminium sowie Wismuth.

Der Einfluss von Verunreinigungen macht sich allgemein dadurch geltend, dass beide Leitvermögen stark herabgedrückt werden. Der Einfluss äussert sich auf die Elektrizität stärker als auf die Wärme. Das Gleiche ist bei Legirungen von grösserem Prozentgehalt der Fall.

Was die Temperaturkoeffizienten betrifft, so wird der Koeffizient des elektrischen Leitvermögens bekanntlich bei Legirungen klein. Dafür nimmt die Wärmeleitung, die bei reinen Metallen nahe konstant ist, bei Legirungen mit der Temperatur beträchtlich zu.

Die thermoelektrischen Messungen sind mit der von Hrn. Liebenow aufgestellten Gleichung nicht ohne Weiteres vereinbar. Nimmt man aber seinen Ausdruck nur als obere Grenze, so tritt ein Widerspruch nicht auf.

Die Stäbe aus Rhodium und Iridium, die wegen des Verhaltens der verwandten Metalle Platin und Palladium ein besonderes Interesse beanspruchen, sind von der Pariser Ausstellung zurückgekommen und sollen zugleich mit einigen anderen noch hinzukommenden Metallen, insbesondere Eisensorten, untersucht werden. Den Iridiumstab zu bohren ist freilich wegen seiner grossen Härte bisher nicht gelungen.

Versuche, die Beobachtungen auf andere Temperaturen auszudehnen, erwiesen es als zweckmässig, zunächst mit tiefen Temperaturen zu beginnen. Mit Hülfe der Werkstatt wurden die Apparate für Versuche mit flüssiger Luft hergestellt. Da es darauf ankommt, die Empfindlichkeit der Thermoelemente für kleine Intervalle genau zu kennen, so waren umfangreiche thermometrische Vorarbeiten, besonders mit Platinwiderstandsthermometern, die zur Interpolation am besten geeignet sind, erforderlich.

Im Zusammenhang mit dem Gegenstande wurde endlich die Messung des Thomson-Effektes fortgeführt und die des Peltier-Effektes in Angriff genommen.

8. Arbeiten mit dem Fizeau-Abbe'schen Dilatometer[2]).

Unter Benutzung des im vorigen Bericht erwähnten Erwärmungsgefässes mit Dampfheizung wurden nach orientirenden Versuchen mit einem Nickelzylinder einige Beobachtungen zwischen 100° und Zimmertemperatur mit einem Platin- und einem Silberzylinder ausgeführt. Die Beobachtungen lassen die Brauchbarkeit des Erwärmungsgefässes und ins-

[1]) Jaeger, Diesselhorst.

[2]) Scheel.

besondere eine genügende Temperaturkonstanz im Innern desselben erkennen. Allerdings wurde es nöthig, durch federnde Fassungen die Quarzdeckplatten mit leichtem Druck auf den Quarzhohlring aufzupressen, da sonst bei der Erwärmung oder Abkühlung durch die ungleichmässige Temperaturänderung des Systems gegenseitige Verschiebungen eintraten.

9. Wärmedurchgang durch Heizflächen[1]).

Die Versuche in der früher beschriebenen Anordnung wurden zu Ende geführt (Anh. Nr. 9). Es zeigte sich dabei, dass es gleichgültig ist, ob man die Thermoelemente senkrecht oder parallel zur Wand in dieselbe einführt. Das Ergebniss der Versuche lässt sich folgendermaassen aussprechen: Der Widerstand, den die Wärme beim Uebergang aus der inneren Zylinderwand in das siedende Wasser zu überwinden hat, ist äquivalent dem Wärmewiderstand einer Eisenschicht von der Dicke

$$0{,}534 + \frac{0.113}{Q}\,cm,$$

wenn Q die Wärmemenge in Gramm-Kalorien bedeutet, die in einer Sekunde durch 1 *qcm* der inneren Zylinderoberfläche hindurchgeht; die Formel gilt für Werthe von Q zwischen 0,07 und 0,6 und ist unter der durch die Versuche bestätigten Voraussetzung abgeleitet, dass sich für dieses Werthegebiet von Q der Temperaturunterschied zwischen Wasser und Innenwand als lineare Funktion von Q darstellen lässt.

Die Versuche über den Wärmeübergang in entgegengesetztem Sinne, bei denen das Wasser im Siedegefäss durch Zuleiten von Dampf auf Siedetemperatur erhalten wurde, während das Flüssigkeitsbad eine unterhalb des Siedepunktes gelegene Temperatur hatte, ergaben für die Dicke der der Uebergangsschicht äquivalenten Eisenschicht als Funktion von Q den Ausdruck

$$0{,}458 + 1{,}91\,Q\,cm.$$

Für die Fortsetzung der Versuche ist ein neuer Apparat (s. Fig. 3) hergestellt worden, bestehend aus zwei kubischen Eisenkästen, die in einer 3 *cm* dicken Eisenwand aneinander grenzen; der eine der Kästen wird mit Wasser gefüllt, der andere mit Palmin, welches von unten her erwärmt wird; die Messung des Temperatursprungs zwischen Wasser und geheizter Wand als Funktion des Gefälles in der Wand erfolgt in derselben Weise wie früher. Die neue Anordnung hat den Zweck, einerseits mit grösserem Wärmedurchgang als früher arbeiten zu können, und andererseits den Einfluss einer mechanisch herbeigeführten Bewegung des siedenden Wassers auf den Uebergangswiderstand untersuchen zu können; hierzu wird der Wasserkasten mit einer Rührvorrichtung versehen.

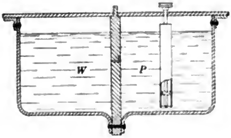


Fig. 3.

Bei diesem Apparat, der den technischen Heizanlagen näher kommt, lässt sich einerseits der Wärmedurchgang steigern, andererseits ist aber durch die ungleichmässige Heizung des Wassers die Herstellung definirter Verhältnisse erschwert. Der Temperaturunterschied zwischen Wasser und Innenwand ergiebt sich wiederum nahezu als lineare Funktion von Q. Die Messungen lassen sich bequemer und sicherer ausführen als es bei dem früheren Apparat der Fall war, da ein immer erneutes Aufgiessen von siedendem Wasser nicht mehr nöthig ist.

II. Elektrische Arbeiten.

1. Normalwiderstände[2]).

Eine ausführliche Veröffentlichung über die grundlegenden Messungen mit den fünf Quecksilbernormalrohren unter Angabe des Beobachtungsmaterials ist im dritten Band der Wissenschaftlichen Abhandlungen erschienen (Anh. Nr. 11).

Die Vergleichung der Normalwiderstände von Abtheilung I und II kommt äusserer Umstände wegen in diesem Jahre etwas später zur Ausführung.

[1]) Holborn, Dittenberger.
[2]) Jaeger, Kahle.

Ueber Normalelemente sind in Gemeinschaft mit dem Schwachstromlaboratorium der Abth. II eingehende Untersuchungen angestellt worden, über die weiter unten berichtet wird. *2. Normalelemente*[1]).

Diese Untersuchungen sind einerseits veranlasst durch die auch im vorigen Thätigkeitsbericht (*diese Zeitschr.* **20.** *S. 146. 1900*) ausgesprochene Absicht, die Normalelemente der Abtheilung I und II von Zeit zu Zeit zu vergleichen, um in analoger Weise wie bei den Widerstandsnormalen eine sichere Basis für die Prüfung eingesandter Normalelemente, sowie für die Messungen in der Reichsanstalt selbst zu gewinnen. Mitbestimmend war aber auch die Kritik, welche die Kadmium-Normalelemente durch Hrn. E. Cohen erfahren hatten. Sowohl in seinen Veröffentlichungen (*Ann. d. Physik* **2.** *S. 863. 1900* und *Zeitschr. f. phys. Chem.* **34.** *S. 621. 1900*) wie in einem auf der Naturforscherversammlung zu Aachen gehaltenen Vortrag hat Hr. Cohen die Behauptung aufgestellt, dass die Kadmiumelemente, und zwar sowohl diejenigen der Reichsanstalt mit gesättigter Lösung, wie die von der *Weston Co.* ausgegebenen mit verdünnter Lösung unterhalb 23° als Normalelemente unbrauchbar seien. Den anderen Theil seiner Behauptung, dass die Elemente, welche der von der Reichsanstalt aufgestellten Temperaturformel folgen, unterhalb 23° metastabile Gebilde seien, die sich spontan umwandeln können, hat er neuerdings selbst zurückgezogen. Da seine Behauptungen, welche die Kadmiumelemente völlig zu diskreditiren geeignet waren und in der That eine unnöthige Beunruhigung hervorriefen, mit den mehrjährigen Erfahrungen der Reichsanstalt an selbst hergestellten und eingesandten Elementen im Widerspruch stehen, so erfolgte hierauf zunächst eine kurze Entgegnung (Anh. Nr. 12 u. 13), in der besonders darauf hingewiesen wurde, dass auf die von Hrn. Cohen beobachteten Unregelmässigkeiten der Kadmiumelemente mit 14,3%-igem Amalgam in der Nähe von 0° die Reichsanstalt selbst früher aufmerksam gemacht hatte (*Wied. Ann.* **59.** *S. 583. 1896*), dass ferner diese Unregelmässigkeiten sich vermuthlich nur bei 14,3%-igem Kadmiumamalgam zeigen, dass aber auch derartige Elemente bereits von etwa + 10° an als Normalelemente brauchbar sind. Ferner wurde betont, dass nach den Untersuchungen über das Verhalten der Kadmiumamalgame (*Wied. Ann.* **65.** *S. 110. 1898*) besser verdünntere Amalgame verwendet werden (12 bis 13%). Die Vermuthung, dass bei solchen Amalgamen die Unregelmässigkeiten nicht mehr auftreten, hat sich vollkommen bestätigt.

Daher haben auch die Unregelmässigkeiten der Elemente nichts mit der Umwandlung des Kadmiumsulfats zu thun, die von Kohnstamm und Cohen beobachtet wurde. Diese Ansicht, welche neuerdings auch von Hrn. Cohen selbst verlassen wurde, suchte kürzlich Hr. Barnes von Neuem als richtig zu beweisen; da aber seine Elemente ebenfalls 14,3%-iges Amalgam enthalten, so rühren die von ihm beobachteten Unregelmässigkeiten von diesem her. Auch in der Reichsanstalt waren bereits im Jahre 1896 an einigen Elementen mit 14.3%-igem Amalgam die Unregelmässigkeiten in der Nähe von 0° eingehend untersucht worden, die Messungen wurden aber erst jetzt gelegentlich der Veröffentlichung des Hrn. Barnes über denselben Gegenstand mitgetheilt (Anh. Nr. 14).

Diese Versuche, welche auf Temperaturen von etwa − 16° bis über + 40° ausgedehnt wurden, bestätigen erstens die früher aufgestellte Temperaturformel für die Kadmiumelemente, zweitens die Thatsache, dass auch die bei 0° stark abweichenden Elemente von etwa + 10° an normal sind, endlich dass man bei den abweichenden Elementen für die elektromotorische Kraft bei 0° ganz verschiedene Werthe erhält. Würden die Unregelmässigkeiten mit der Umwandlung des Kadmiumsulfates zusammenhängen, so müsste man im Gegensatz zu obigem wie beim Clark-Element nur zwei Werthe, einen für den stabilen und einen für den metastabilen Zustand erhalten. Auch die neueren, nunmehr abgeschlossenen und in *dieser Zeitschr.* **21.** *S. 33 u. S. 65. 1901* sowie in den Annalen der Physik veröffentlichten Untersuchungen widerlegen die Behauptungen des Hrn. Cohen.

Der von Hrn. Röntgen eingesandte Luftkondensator, dessen Kapazität bestimmt wurde, besteht aus 59 Aluminiumplatten von 18 cm^2 Fläche und etwa 2 *mm* Dicke. Der Abstand der Platten beträgt durchschnittlich 1 *mm*. Das eine Plattensystem lässt sich gegen *3. Messung einer Kondensator-Kapazität*[2]).

[1]) Jaeger, Lindeck.

[2]) Dittenberger, Grüneisen.

das andere verstellen. Die Bestimmung geschah nach der Maxwell-J. J. Thomson'schen Methode (vgl. Maxwell, *Electr.* 2. Bd. *S. 375*; J. J. Thomson, *Phil. Trans.* **174.** *S. 707. 1883*). Der Kondensator wird in den einen Zweig einer Wheatstone'schen Brücke geschaltet und hier durch einen periodisch arbeitenden Unterbrecher abwechselnd geladen und durch Kurzschluss der Platten mittels des Drahtes *S* (Fig. 4) entladen. Der Widerstand W_1 wird so lange varlirt, bis der durch das Galvanometer fliessende konstante Strom durch den mittleren Ladestrom kompensirt ist.

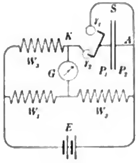


Fig. 4.

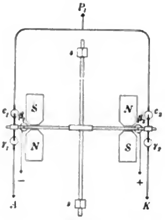


Fig. 5.

Der Unterbrecher (Fig. 5) benutzt die Torsionsschwingungen einer zwischen Messingbacken *s* in horizontaler Lage festgeklemmten starken Stricknadel, welche in der Mitte ein Querstück aus Aluminium trägt. Durch Veränderung der Länge *ss* und durch Belasten des Querstückes konnte die Schwingungszahl pro Sek. innerhalb der Grenzen 16 und 118 beliebig varlirt werden.

An den Querträger waren zwei vertikal nach unten gehende zugespitzte Platinstifte angenietet, die in die mit Quecksilber gefüllten Glasnäpfchen β_1 und β_2 tauchten, und zwar tauchte der über β_1 befindliche Stift dauernd ein, während der andere bei jeder Oszillation einmal aus dem Quecksilber herausgezogen wurde. Die Näpfe β_1 und β_2 waren mit den Polen eines Akkumulators verbunden, sodass der Aluminiumträger beim Eintauchen des Stiftes in β_2 von einem von β_2 nach β_1 gehenden Strom durchflossen war. Durch die Wirkung eines zur Nadel senkrechten Magnetfeldes (Fig. 5) wurde die letztere dann bei β_2 nach oben, bei β_1 nach unten bewegt, sodass die Vorrichtung, gegebenen Falls nach Anstossen mit der Hand, als Selbstunterbrecher schwingt.

Die Schwingungszahl des Unterbrechers wurde mittels eines phonischen Rades bestimmt, welches in Verbindung mit dem Hipp'schen Chronographen die Schwingungszahl bis auf wenige Hunderttausendtheile genau zu ermitteln gestattete.

Auf den Enden des Aluminiumstückes waren zwei Ebonitklötzchen angeschraubt; durch dieselben gingen, gegen den Aluminiumträger isolirt, dünne Platindrähte, die zu beiden Seiten rechtwinklig nach unten gebogen und zugespitzt waren. Die eine Spitze jedes Bügels tauchte dauernd in ein darunter befindliches Quecksilbernäpfchen (c_1 und c_2), während die andern von den Quecksilberoberflächen in den Näpfen γ_1 und γ_2 geringen Abstand hatten. Die Näpfe *c* und γ waren behufs guter Isolation in Ebonit eingelassen.

Alle Zuleitungen zum Kondensator waren durch Paraffin und Siegellack isolirt. Das eine Kondensatorplattensystem P_1, das mit dem Quecksilber in c_1 und c_2 in dauerndem Kontakt war, wurde durch das Spiel des Unterbrechers abwechselnd über γ_1 mit dem Plattensystem P_2 verbunden oder über γ_2 in die Brückenkombination eingeschaltet. P_2 war dauernd über Punkt *A* zur Erde abgeleitet.

Die Versuche wurden derart ausgeführt, dass nach Ingangsetzung des Unterbrechers sowie des Chronographen und des phonischen Rades durch Veränderung von W_1 das Galvanometer in die Ruhelage zurückgeführt wurde. Während 10 bis 15 Minuten wurden unter

mehrmaligem Umschalten der Batterie E von Minute zu Minute die Werthe von W_1 notirt; W_1 änderte sich im Laufe dieser Zeit allmählich im Mittel um 0,25 Promille. Als Ursache dieser Aenderung liess sich eine entsprechende Aenderung der Schwingungszahl am Chronographen feststellen. Das Mittel aus den beobachteten Werthen von W_1 wurde mit der mittleren Schwingungszahl n zu einer Berechnung von C kombinirt; diese Berechnung geschah nach der von Thomson *a. a. O.* angegebenen Formel

$$C = \frac{1}{n} \cdot \frac{W_1}{W_2 W_3} \cdot \frac{1 - \frac{W_1^2}{(W_1 + W_3 + G)(W_1 + B + W_2)}}{\left(1 + \frac{W_1 B}{W_3 (W_1 + B + W_2)}\right)\left(1 + \frac{W_1 G}{W_2 (W_1 + W_3 + G)}\right)},$$

in welcher C die Kapazität des Kondensators einschliesslich der Zuleitungen, n die Schwingungszahl, B und G den Widerstand im Batterie- bezw. Galvanometerzweige, W_1, W_2, W_3 die Widerstände in den drei Brückenzweigen bedeuten.

In der folgenden Tabelle sind die Resultate der endgültigen Versuche zusammengestellt. Es bedeutet E die Spannung der ladenden Batterie in Volt, C die Kapazität des Kondensators mit Einschluss der Zuleitungen, z die Kapazität der Zuleitung allein in Mikrofarad, t die Temperatur des Kondensators während der Beobachtung. Nimmt man die lineare Ausdehnung des Aluminiums zu 0,000023, die des Messings zu 0,000019 an, so muss die Kapazität pro 1° Temperaturzunahme um 0,000046 — 0,000019 = 0,000027 des Betrages zunehmen. Nach Maassgabe dieses Koeffizienten wurde bei allen Versuchen die Kapazität auf 18° umgerechnet.

Lfde. Nr.	Datum	n	E in Volt	Widerstand in Ohm			t in °C.	Kapazität in Mikrofarad			
				W_1	W_2	W_3		C_t	$C_{18°}$	z	$C_{18°} - z$
1	1. Sept.	52,076	4	897,56	13000,7	89993	20,5	0,0147177	0,0147166	$10^{-7} \times 185$	$0,014698_1$
2	„ „	74,788	„	1091,33	11000,7	„	„	94	83	„	699_8
3	„ „	55,394	„	954,86	13000,7	„	„	94	83	„	699_8
4	„ „	55,383	„	815,79	19999,5	49996	„	87	76	„	699_1
5	4. „	55,531	„	956,97	13000,7	89993	19,1	61	57	181	697_6
6	„ „	55,509	„	956,72	„	„	„	84	80	„	699_9
7	„ „	55,519	„	588,54	7998,5	„	„	74	70	„	698_9
8	„ „	55,524	72	957,02	13000,7	„	„	88	84	„	700_3
9	5. „	55,580	4	957,96	13000,7	„	18,8	85	82	180	700_2
10	6. „	55,676	„	959,44	13000,7	„	18,1	59	60	176	698_4
11	„ „	25,426	„	673,69	19999,5	„	18,4	75	73	176	699_7
12	„ „	25,440	„	374,37	„	49996	18,5	41	39	176	696_3
13	8. „	55,646	„	958,91	13000,7	89993	17,5	60	62	179	698_3
14	„ „	18,526	„	490,81	19999,5	„	17,8	79	80	191	698_9
15	10. „	55,724	„	960,24	13000,7	„	17,0	63	67	182	698_5
16	„ „	55,694	„	984,21	19999,5	59995	17,5	46	48	182	696_6
17	„ „	55,427	„	955,40	13000,7	89993	23,1	86	66	182	698_4
18	„ „	55,607	„	958,32	„	„	18,3	69	68	182	698_6
19	12. „	56,009	„	965,04	12998,0	„	17,7	65	66	186	698_0
20	„ „	73,884	„	1077,65	10998,2	„	17,8	69	70	186	698_4
21	„ „	94,082	„	998,09	7998,8	„	18,1	41	41	186	695_5
22	13. „	54,406	„	937,54	12998,0	„	17,3	94	97	196	700_1
23	„ „	91,496	„	1578,72	„	„	$17,5_5$	92	94	196	699_8
24	14. „	55,711	„	966,73	„	„	18,0	80	80	199	698_1
25	„ „	55,660	„	951.19	13000,7	„	19,2	62	57	183	697_4
26	19. „	55,856	„	962,76	„	„	18,5	94	93	190	700_3
27	24. „	55,803	„	961,99	„	„	18,0	216	216	182	703_4
28	1. Okt.	55,743	„	961,08	„	„	$17,8_5$	236	236	199	703_7

Die mittlere Abweichung des Resultates einer Messung vom Mittelwerthe 0,0146990 beträgt 0,00009 des Werthes.

4. Leitvermögen von Lösungen[1]. Die inzwischen in den Wissenschaftlichen Abhandlungen ausführlich veröffentlichte Untersuchung über die Chloride und Nitrate der gewöhnlichen Alkalimetalle (Anh. Nr. 15) ist durch den Anschluss der Jodate erweitert worden (Anh. Nr. 16). Die neuen Salze umfassen, nach der Grösse ihres Leitvermögens beurtheilt, ein weites Gebiet, insofern Lithiumjodat, von verdünntem Zustande bis zum normalen auf weniger als den halben Werth absteigend, im letzteren nur ein Drittel des Leitvermögens von K Cl besitzt.

Bis zu zehntelnormaler Konzentration lassen sich die Leitvermögen mit höchstens $^1/_{1000}$ Abweichung durch eine Formel darstellen, in welcher der anfängliche Gang nach der Quadratwurzel der Konzentration (vgl. den vorigen Bericht) enthalten ist. Die Bedeutung des Ausdrucks besteht unter Anderem darin, dass man mit seiner Hülfe von Beobachtungen an konzentrirten Lösungen auf die schwieriger oder noch gar nicht zugänglichen grossen Verdünnungen zurückschliessen kann.

Eine die Lösungen betreffende Lücke besteht noch bezüglich einer genauen Kenntniss ihrer inneren Reibung. Versuche darüber sind im Gange[2].

III. Optische Arbeiten. Auch in diesem Berichtsjahre beziehen sich die optischen Arbeiten im Wesentlichen auf die Festlegung der Strahlungsgesetze der verschiedenen Glühkörper. Die Untersuchung der Strahlung des schwarzen Körpers ist jetzt über ein Wellenlängengebiet von 0,5 μ bis etwa 50 μ ausgedehnt worden und kann in gewissem Sinne als abgeschlossen gelten. Wenigstens ist das Gesetz der schwarzen Strahlung soweit genau als bekannt anzusehen, dass die für die Leucht- und Heiztechnik wichtigsten Probleme in Angriff genommen worden sind. Dahin gehört vor allem die Ausdehnung der Temperaturskale mit Hülfe der Strahlungsgesetze bis zu den höchsten erreichbaren Temperaturen und die Bestimmung dieser bei den gebräuchlichsten Heiz- und Lichtquellen.

1. Der elektrisch geglühte schwarze Körper und die Erweiterung der Temperaturskale[3]. Der im vorigen Bericht beschriebene elektrisch geglühte schwarze Körper, wie er der Hauptsache nach von der Königlichen Porzellan Manufaktur in Berlin geliefert wird, hat sich durchaus bewährt. Dadurch ist die experimentelle Physik mit einem Apparat versehen worden, welcher die „schwarze“ Strahlung bis nahe 1600° C. mit wünschenswerther Genauigkeit liefert. Ausser dem Nutzen, den die Verwirklichung und bequeme Herstellung der schwarzen Strahlung für die Kenntniss der Strahlungsgesetze mit sich brachte, bietet sie auch die Aussicht, die Grundlage einer neuen Temperaturskale zu bilden, welche bis zu den höchsten, mit festen Körpern erreichbaren Temperaturen ausgedehnt werden kann.

Wie genau das Gesammtstrahlungsgesetz der vierten Potenzen gilt, geht daraus hervor, dass die gefundenen kleinen Abweichungen (die Versuche ergaben die 3,96. Potenz) fast vollkommen verschwunden sind, seitdem der Rechnung die neue Holborn-Day'sche Skale zu Grunde gelegt worden ist. So wird also auf strahlungstheoretischem Wege eine Temperaturskale geschaffen, die, von der luftthermometrischen Annahme eines vollkommenen Gaszustandes unabhängig, die von Thomson auf den Carnot'schen Satz gegründete Skale darstellt. Gelingt es, schwarze Körper von höherer Temperatur anzufertigen, so kann auch die strahlungstheoretische Skale ohne Weiteres erweitert werden. Versuche sind im Gange, nach Art des elektrisch geglühten schwarzen Körpers solche aus Kohlerohren (Bogenlampenkohle) herzustellen, die in einer Atmosphäre von Stickstoff zum Glühen gebracht werden (Anh. Nr. 17 u. 19).

2. Energievertheilung im Spektrum des schwarzen Körpers[4]. Die im vorigen Bericht erwähnten Sylvinversuche für die langen Wellen bis 18 μ sind ergänzt, genauer diskutirt und ihre Resultate zu denen der Flussspathversuche bis 8 μ in Beziehung gesetzt worden. Der Anschluss zwischen beiden Versuchsserien konnte durch die von W. Wien mit Hülfe des Stefan-Boltzmann'schen Gesetzes theoretisch hergeleiteten und experimentell erwiesenen Gesetze

[1]) Kohlrausch.
[2]) Kohlrausch, Grüneisen.
[3]) Lummer, Kurlbaum und Lummer, Pringsheim.
[4]) Lummer, Pringsheim.

$$\left.\begin{aligned} \lambda_m T &= \text{konst} = A \\ E_m \cdot T^{-5} &= \text{konst} = B \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 1)$$

bewirkt werden. Da die Zahlenwerthe der beiden Konstanten durch die früheren Versuche festgelegt sind, so ist damit die Strahlung des schwarzen Körpers von 1 μ bis 18 μ, einheitlich und in gleichem Maasse gemessen, bis zu Temperaturen von 1800° abs. dargestellt. Die Resultate sind veröffentlicht (Anh. Nr. 17). Sie lehren, dass die Wien'sche Spektralgleichung

$$E = C\lambda^{-5} e^{-\frac{c}{\lambda T}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 2)$$

die schwarze Strahlung nur für kleine Werthe des Produktes λT darzustellen vermag. Für Werthe von λT grösser als 3000 werden die Abweichungen merklich und erreichen schon bei 20000 den Betrag von 50%.

Innerhalb der Beobachtungsfehler werden die Resultate wiedergegeben durch die von Lummer und Jahnke aufgestellte Spektralgleichung (Anh. Nr. 31)

$$E = C\,T^{5-\mu} \lambda^{-\mu} e^{-\frac{c}{(\lambda T)^{\nu}}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 3)$$

mit dem Werthepaare

$$\mu = 4 \quad \text{und} \quad 1{,}3 > \nu > 1{,}2\,.$$

Diese Gleichung geht in die von Wien über für

$$\mu = 5 \quad \text{und} \quad \nu = 1\,.$$

Während aus der Wien'schen Formel für alle Wellen folgt

$$\lim_{T=\infty} E = \text{endlich} = C \cdot \lambda^{-5} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 4)$$

enthält die empirische Gleichung 3) die Folgerung, dass die Energie für sehr grosse Werthe von λT direkt proportional der absoluten Temperatur fortschreitet, welche durch die im Folgenden beschriebenen Versuche sehr wahrscheinlich gemacht ist. Schon vorher ist diese Ansicht von Lord Rayleigh geltend gemacht worden, insofern er die Wien'sche Spektralgleichung eben wegen der unwahrscheinlichen Folgerung 4) durch die folgende ersetzte

$$E = C\,T\lambda^{-4} e^{-\frac{c}{\lambda T}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 5)$$

Scheint sie für grosse Werthe von λT zu gelten, so zeigt sie im Gegensatz zur Wien'schen für kleine Werthe von λT grosse Abweichungen (vgl. Anh. Nr. 31). Beide Grenzfälle enthält die auf Grund der in der Reichsanstalt angestellten Versuche und in Anlehnung an seine Theorie von Planck aufgestellte Gleichung

$$E = C \frac{\lambda^{-5}}{e^{\frac{c}{\lambda T}} - 1} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 6)$$

welche bei sehr kleinen Produkten λT für E fast genau dieselben Werthe wie die Wien'sche giebt und für sehr grosse Produkte λT zur Rayleigh'schen Folgerung führt

$$[\lim E = \text{konst.} \times T]_{T=\infty}\,.$$

Die Planck'sche Gleichung 6) stellt, wie es zu erwarten war, unsere Versuche von 1 μ bis 18 μ bedeutend besser dar, wie eine der beiden Grenzgleichungen (Wien und Rayleigh).

3. Anwendung der Methode der Reststrahlen zur Prüfung des Strahlungsgesetzes[1]).

In dem Gebiet der Wellenlängen, welche grösser als 18 μ sind, geben die sonst üblichen spektralen Zerlegungen eine für Messungen zu geringe Intensität. Deshalb wurde für dieses Gebiet die Methode der Reststrahlen angewandt, welche darin besteht, dass die Gesammtstrahlung eines Körpers nach mehrfacher Reflexion an geeigneten Substanzen bis auf ein eng begrenztes Wellenlängengebiet ausgelöscht wird, für welches die Substanz metallische Reflexion besitzt.

In Fig. 6 ist K der elektrisch geglühte schwarze Körper mit dem Thermoelement E, D_1 und D_2 sind zwei Diaphragmen, S ein Fallverschluss mit Wasserspülung, P_1 bis P_4 die

[1]) Rubens, Kurlbaum.

reflektirenden Flächen, *M* ein Hohlspiegel, welcher die Strahlen auf der Thermosäule *T* konzentrirt. Auf diese Weise ist die Abhängigkeit der Intensität der Reststrahlen von Flussspath, $\lambda = 24{,}0\ \mu$, und von Steinsalz, $\lambda = 51{,}2\ \mu$, im Bereich der Temperatur $-180°$ bis $1500°$ C. untersucht worden.

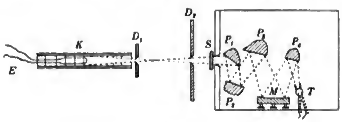


Fig. 6.

Die in den *Sitzungsber. d. Berl. Akad.* **41.** *S. 929. 1900* (Anh. Nr. 21) veröffentlichten Resultate (vgl. Fig. 7) zeigen ebenfalls, dass für dies Gebiet die Wien'sche Formel nicht gilt, und dass die Abweichungen um so grösser sind, je grösser die Wellenlänge ist. Dagegen befindet sich die kürzlich aufgestellte Planck'sche Formel 6) und die Lummer-Jahnke'sche Gleichung 3) mit dem Werthepaare $\mu = 4$ und $\nu = 1{,}3$ in voller Uebereinstimmung mit den Beobachtungsresultaten.

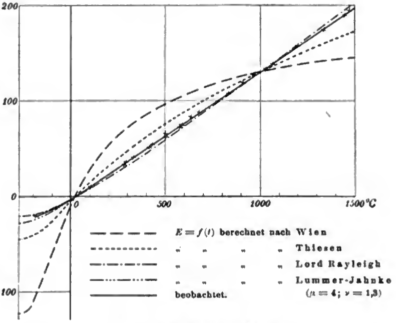


Fig. 7: Reststrahlen von Steinsalz.

Ferner wurden auf diese Weise auch die Reststrahlen des Quarzes, $\lambda = 8{,}9\ \mu$, zum Vergleich mit den Resultaten der prismatischen Zerlegung untersucht. Die Unterschiede zwischen der Wien'schen und Planck'schen Formel erscheinen hier geringer. Die Beobachtungsresultate liegen zwischen den aus beiden Formeln berechneten Werthen, jedoch den Planck'schen Werthen ausserordentlich viel näher.

4. Strahlungsmessungen im sichtbaren Spektrum[1]).

Wegen der geringen Wärmeenergie der sichtbaren Strahlen des schwarzen Körpers bei den erreichbaren Temperaturen soll hier dieselbe indirekte Methode angewandt werden, die zur Bolometrirung der Platinlichteinheit im sichtbaren Spektrum benutzt worden ist (vgl. den Thätigkeitsbericht für 1895, *diese Zeitschr.* **16.** *S. 208. 1896*).

Man bedient sich gleichzeitig eines Spektrobolometers und eines Spektralphotometers. Indem man eine sehr intensive Strahlungsquelle, wie die Zirkonlampe, direkt bolometrirt und gleichzeitig einen stets gleich grossen (z. B. an der Prismenfläche des Spektrobolometers reflektirten) Theil des bolometrirten Strahlenbündels mit Hülfe des Spektralphotometers an die schwarze Strahlung anschliesst, erhält man auch deren Energiekurve der Form und absoluten Höhe nach. Die hierzu nothwendigen Linearbolometer sind angefertigt und die spektralphotometrischen Vorarbeiten sind beendet.

[1]) Lummer, Pringsheim.

Bei dieser Gelegenheit sind zugleich die Fragen erledigt worden, welche auf *rein photometrischem* Wege beantwortet werden können. Dahin gehört die Bestimmung der Isochromaten, welche angeben, wie die Intensität für eine gewisse Farbe mit der Temperatur fortschreitet. Diese rein photometrische Methode wurde von Paschen und Wanner angewendet, um aus den Isochromaten des schwarzen Körpers den Werth der Exponentialkonstanten c der Wien'schen Spektralgleichung zu bestimmen, welche Paschen als das allgemein gültige Gesetz der schwarzen Strahlung annahm.

Ausserdem war die von H. Becquerel, Crova und Le Chatelier eingeführte Methode der Temperaturbestimmung hoch erhitzter Körper auf *photometrischem* Wege von Wanner unter Zugrundelegung der „schwarzen" Isochromaten (gemäss der Wien'schen Spektralgleichung extrapolirt) zur Temperaturbestimmung der Bogenlampe und der Zirkonlampe verwerthet worden.

Ausser diesen rein photometrischen Messungen liegen im sichtbaren Spektrum noch keine Versuche vor, welche zu Gunsten einer der aufgestellten Spektralgleichungen entscheiden könnten. Wohl aber kann auf Grund des Boltzmann-Wien'schen Gesetzes

$$E = T^5 \varphi(\lambda T),$$

welches theoretisch und experimentell wohlbegründet ist, geschlossen werden, dass auch die Wien'sche Gleichung hier noch bis etwa 6000° auf 1 % richtige Werthe liefern dürfte. Die in der Reichsanstalt angestellten spektrobolometrischen Versuche stehen mit der Wien'schen Gleichung innerhalb 1 % überall da in Übereinstimmung, wo das Produkt λT den Werth 3000 nicht überschreitet. Im sichtbaren Spektrum erreicht λT z. B. für $\lambda = 0{,}6\,\mu$ erst bei 5000° den Werth 3000.

Thatsächlich beweisen auch die photometrischen Versuche der Reichsanstalt, wie die von Paschen und Wanner, dass die photometrisch beobachteten „schwarzen" Isochromaten innerhalb des Beobachtungsgebietes vollkommen der Wien'schen Spektralgleichung gehorchen. Die gewählte Versuchsanordnung war folgende. Vor dem einen Spalt des Lummer-Brodhun'schen Spektralphotometers befand sich der elektrisch geglühte schwarze Körper, vor dem anderen eine matt geschliffene Glasplatte, welche fest verbunden war mit einer auf konstanter Stromstärke gehaltenen Glühlampe. Beide Spalte hatten stets gleiche Breite, während der Okularspalt als Basis der abbildenden Strahlenbüschel der jeweiligen Helligkeit angepasst wurde. Vor beiden befanden sich fest mit ihnen verbundene Behälter, in welche Rauchgläser eingeschoben werden konnten. Ausserdem war das eine Kollimatorrohr mit einem rotirenden Sektor versehen, welcher Schwächungen im Verhältniss von 100 zu 1 zu messen erlaubte. Die Grösse des Sektors konnte während der Rotation verändert und abgelesen werden; die photometrische Einstellung (auf gleichen Kontrast) erfolgte stets mittels des Sektors. Auch die Absorption der einzelnen Rauchgläser für die benutzten Wellenlängen wurde mit Hülfe dieses Sektors bestimmt.

Die so erhaltenen Resultate sind in Fig. 8 eingetragen, in welcher die Ordinaten $\lg E$ und die Abszissen $1/T$ darstellen.

Aus der Figur erkennt man, dass für den schwarzen Körper diese Isochromaten thatsächlich *gerade* Linien sind. Berechnet man aus ihnen den Werth der Exponentialkonstanten c der Planck'schen oder der Wien'schen Spektralgleichung, welche für das beobachtete Gebiet identische Werthe liefern, so erhält man folgende Zahlen:

λ	$0{,}504\,\mu$	$0{,}535\,\mu$	$0{,}589\,\mu$	$0{,}641\,\mu$
c	14 500	14 600	14 530	14 690

Es ist c also thatsächlich eine Konstante. Ihr Werth muss nach der Planck'schen Gleichung ausserdem der Bedingung gehorchen

$$c = 4{,}965\,\lambda_m\,T.$$

Nach den spektrobolometrischen Versuchen ist $\lambda_m T = 2940$, also müsste gelten

$$c = 4{,}965 \cdot 2940 = 14\,600.$$

Da der Mittelwerth der photometrisch bestimmten c gleich 14 580 ist, so darf die Uebereinstimmung als eine vollkommene bezeichnet werden.

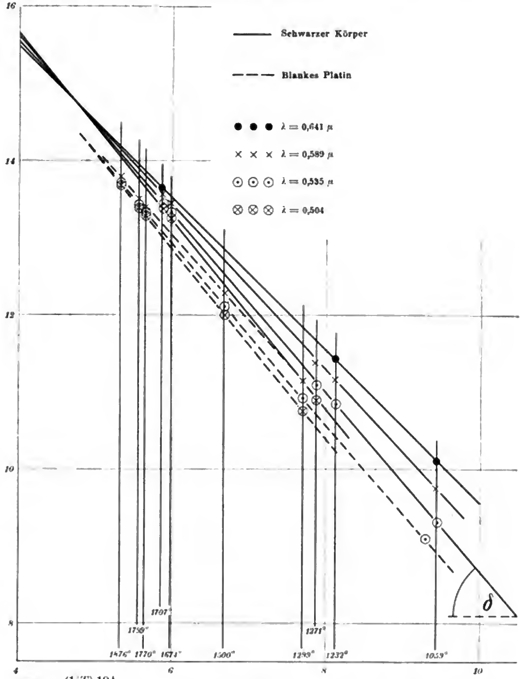


Fig. 8.

Nach der Wien'schen Gleichung müsste $c = 5\,\lambda_m T$ sein, also gleich 14 700. Dass diese Beziehung erfüllt ist, bestätigt die Annahme, dass die Wien'sche Spektralgleichung gilt, solange das Produkt λT den Werth 3000 nicht viel überschreitet.

Im sichtbaren Gebiet ist es für alle vorkommenden irdischen Temperaturen also fast ganz gleichgültig, ob man die Planck'sche oder die Wien'sche Spektralgleichung benutzt.

Hierdurch ist für uns die Grundlage der photometrischen Temperaturbestimmung sicher gestellt, wie sie von Wanner unter Benutzung der „schwarzen“ Isochromaten eingeführt worden ist.

Man ersetzt in der beschriebenen Versuchsanordnung den schwarzen Körper durch die zu untersuchende Lichtquelle und beobachtet cet. par. die photometrische Intensität für die oben angegebenen Wellenlängen. Die Logarithmen dieser Intensitäten trägt man als Ordinaten in die zugehörigen, genügend verlängerten Isochromaten der schwarzen Strahlung ein und erhält so für jede Wellenlänge eine gewisse Temperatur.

Diese Temperaturen würden für alle Wellenlängen einander gleich sein und mit der wahren Temperatur der Lichtquelle übereinstimmen, falls der in ihr glühende Körper ein vollkommen schwarzer ist. Wendet man diese Methode auf nichtschwarze Körper an, so erhält man nothwendig zu *niedrige* Temperaturangaben.

Um ein Urtheil über die Fehlergrenze dieser Methode zu gewinnen, ist auch hier das *blanke* Platin dem schwarzen gegenübergestellt worden. Als Strahlungsquelle diente die äussere Fläche eines vollkommen geschlossenen Platinkastens, in dessen Inneres ein Le Chatelier'sches Thermoelement *isolirt* eingeführt war. Die Temperatur des strahlenden Platins konnte also direkt gemessen werden. Die so gefundenen Isochromaten sind in Fig. 8 als punktirte Linien eingetragen. Die Temperatur wurde ausserdem nach der oben angegebenen Methode mit Hülfe der „schwarzen" Isochromaten berechnet, wobei richtige Werthe nur zu erwarten wären, wenn die Strahlung des blanken Platins mit der des schwarzen Körpers übereinstimmen würde. Die direkt beobachteten und die berechneten Temperaturen sind in der folgenden Tabelle für eine relativ niedrige und für die höchste beobachtete Temperatur angegeben.

$T_{beob.} = 1100°$ abs.

λ	0,641	0,589	0,535	0,504
$T_{ber.}$	1051°	1055°	1058°	1068°
$T_{beob.} - T_{ber.}$	49	45	42	32

$T_{beob.} = 1876°$ abs.

λ	0,641	0.589	0.535	0.504
$T_{ber.}$	1748°	1770°	1767°	1773°
$T_{beob.} - T_{ber.}$	128	106	109	103

Innerhalb der einzelnen Reihen weichen die berechneten Werthe nur wenig von einander ab. Aus der guten Uebereinstimmung der aus *verschiedenen* Wellenlängen berechneten Temperaturen darf demnach nicht, wie Wanner es gethan hat, geschlossen werden, dass der untersuchte Körper schwarz ist. Man würde sonst nach unseren Versuchen zu der Folgerung verleitet werden, dass *blankes* Platin ein schwarzer Körper sei, obwohl die Energie des blanken Platins an keiner Stelle der beobachteten Isochromaten die Hälfte derjenigen des schwarzen Körpers erreicht.

Dass diese Methode selbst für einen so wenig schwarzen Körper annähernd richtige Werthe liefert, liegt *an dem ausserordentlich schnellen Fortschreiten der photometrischen Helligkeit mit der Temperatur.* So tritt z. B. für die Wellenlänge 0,589 μ schon eine Verdoppelung der Helligkeit des schwarzen Körpers ein, wenn die Temperatur von 1800° auf 1875° abs. steigt.

Dieses Fortschreiten ist beim Platin noch grösser als beim schwarzen Körper. Die isochromatischen Kurven von Platin verlaufen nämlich steiler als die schwarzen Isochromaten und erweisen sich bei genauerer Prüfung, zumal bei den hohen Temperaturen, ein wenig gekrümmt, und zwar konvex zur $1/T$-Achse. Bei höheren Temperaturen sind demnach kleinere Fehler der photometrischen Temperaturbestimmung zu erwarten, als bei niedrigen.

Die Fehler dieser Temperaturbestimmung werden bei allen anderen Körpern, deren Strahlungseigenschaften zwischen denen des blanken Platins und des schwarzen Körpers liegen, nothwendig *kleiner* sein als beim Platin. So wird man z. B. für Kohle erwarten dürfen, auf diese Weise einen Minimalwerth der Temperatur zu erhalten, welcher dem richtigen Werthe sehr nahe liegt.

Es ist daher dieselbe starkfadige Glühlampe, deren Temperatur früher bei verschiedenen Glühzuständen nach der spektrobolometrischen Methode bestimmt worden war, auch spektrophotometrisch untersucht worden. In der nachstehenden Tabelle sind die Resultate beider Methoden für einige Glühzustände nebeneinandergestellt.

Glühzustand	Spektralphotometer		Spektralbolometer	
	Wellenlänge	T (abs.)	T_{max} (abs.)	T_{min} (abs.)
9,46 Amp. 12,5 Volt	0,641	1754°	1840°	1640°
	0,589	1760		
	0,535	1760		
	0,504	1760		
	Mittel:	1758°		
12,87 Amp. 16,3 Volt	0,641	2058°	2100°	1879°
	0,589	1996		
	0,535	2058		
	Mittel:	2037°		
15,12 Amp. 20,0 Volt	0,641	2213°	2300°	2055°
	0,535	2188		
	0,504	2169		
	Mittel:	2190°		

Bei allen photometrisch erhaltenen Temperaturen ist die Lichtschwächung durch die Glashülle der Glühlampe nicht in Rechnung gezogen, da die anderen Fehler, welche durch das ungleichmässige Glühen des Kohlefadens und somit durch die Stellung der Lampe hervorgerufen werden, viel grösser sind. Würde man wegen dieser Lichtverluste die beobachteten photometrischen Intensitäten um 9% erhöhen, so würden alle diese Werthe sich nur um etwa 10 Grad erhöhen. Man sieht daraus, dass es sehr wenig auf die Genauigkeit der Photometrie ankommt.

Da man über die Schwärze der Glühlampenkohle nichts weiss, so kann man mit Sicherheit nur aussagen, *dass die wahre Temperatur zwischen dem bolometrisch bestimmten Werthe T_{max} und dem photometrischen Mittelwerthe liegt.* Nimmt man die Mittel aus diesen beiden Werthen, so kann man sicher sein, keinen Fehler grösser als 35°, 27° und 50° gemacht zu haben.

5. Ueber das Fortschreiten der photometrischen Helligkeit mit der Temperatur[1]).

Mit Hülfe einer grosse Lichtstärke gebenden photometrischen Anordnung wurde die Lichtintensität des glühenden Platins in seiner Abhängigkeit von der Temperatur im Intervall 900° bis 1900° abs. bestimmt. Die folgende Zusammenstellung giebt in Reihe x an, mit der wievielten Potenz der absoluten Temperatur die photometrische Helligkeit in der Nähe einer bestimmten Temperatur fortschreitet.

T (abs.)	900	1000	1100	1200	1400	1600	1900
x	30	25	21	19	18	15	14

Die inzwischen (Anh. Nr. 20) veröffentlichten Resultate sollen mit dem elektrisch geglühten schwarzen Körper bis zu den höchstmöglichen Temperaturen fortgeführt werden. Durch photometrische Vergleichung der Strahlung des blanken Platins und des schwarzen Körpers mit derjenigen der Sonne sollen durch Extrapolation der Temperaturfunktionen Schlüsse auf die Temperatur der Sonne gezogen werden.

6. Komplementäre Interferenzerscheinungen[2]).

Bei der Untersuchung des Polarisationszustandes von Licht, welches nahe total reflektirt wird, wurde eine neue Interferenzerscheinung beobachtet, deren Beschreibung und Theorie veröffentlicht worden ist (Anh. Nr. 18).

[1]) Lummer, Kurlbaum.

[2]) Lummer.

Da es für absolute Strahlungsmessungen wichtig ist, die Temperaturdifferenz zwischen der Oberfläche und dem Innern eines strahlenden Körpers zu kennen, so ist diese bisher nicht bestimmte Grösse nach folgender Methode für einen speziellen Fall gemessen. *7. Temperaturdifferenz zwischen der Oberfläche und dem Innern eines strahlenden Körpers*[1].

Eine beiderseits geschwärzte Bolometerwand wurde durch Bestrahlung einseitig erwärmt und die Temperaturen beider Seiten durch die zugehörigen Ausstrahlungen bestimmt. Hierdurch ist die Temperaturdifferenz zwischen beiden Seiten und die Temperatur der mittelsten Schicht der Bolometerwand bekannt.

Die inzwischen in den *Ann. d. Physik* **2.** *S. 546. 1900* veröffentlichten Resultate (Anh. Nr. 22) zeigen, dass die Temperaturdifferenz bei einem mit Platinschwarz überzogenen Bolometer vernachlässigt werden darf. (Fortsetzung folgt.)

Referate.

Bestimmung des Spannungskoeffizienten reinen Wasserstoffs zwischen 0° und 100° C.

Von H. Kamerlingh Onnes und M. Boudin. *Communic. Phys. Labor. Univers. Leiden Nr. 60. 1900.*

Zu den Untersuchungen diente ein Luftthermometer aus Jenaer Glas 16^{III}, dessen kubische Ausdehnung die Verf. mittels Ausflussthermometer zu 0,0000242 bestimmten. Die Einstellung der Manometerkuppen erfolgte durch Anvisiren mit Hülfe eines Kathetometers. Um von den Einflüssen des äusseren Luftdruckes unabhängig zu werden, arbeiteten die Verf. mit einer künstlichen Atmosphäre, welche aus einer 2 *l* haltenden, mit Luft gefüllten Flasche bestand, die sich dauernd in Eis befand. Der Druck dieser künstlichen Atmosphäre wurde durch ein Barometer gemessen, mit welchem die Flasche durch 3 *mm* weite, gegen äussere schnelle Temperaturschwankungen durch eine Wollepackung geschützte Glasröhren kommunizirte.

Das Luftthermometergefäss wurde abwechselnd in Eis und in den Dampf eines Siedeapparates gebracht. Die Temperatur des Dampfes ergab sich aus dem Barometerstand. Zahlreiche Hülfsthermometer erlaubten die Ableitung von Korrektionen für die abweichende Temperatur der verschiedenen Theile der ganzen Anordnung.

Als Mittel dreier Bestimmungen fanden die Verf. für den Wasserstoff den Spannungskoeffizienten

$$\alpha = 0{,}0036627,$$

wobei die Abweichungen der einzelnen Reihen nur wenige Einheiten der letzten Stelle betrugen. Das Resultat schliesst sich gut an die einschlägigen Beobachtungen von Chappuis an. *Schl.*

Ueber die Ergebnisse der in den letzten Jahren ausgeführten Untersuchungen im ultrarothen Theil des Sonnenspektrums.

Von S. P. Langley. *Compt. rend.* ***131.*** *S. 734. 1900.*

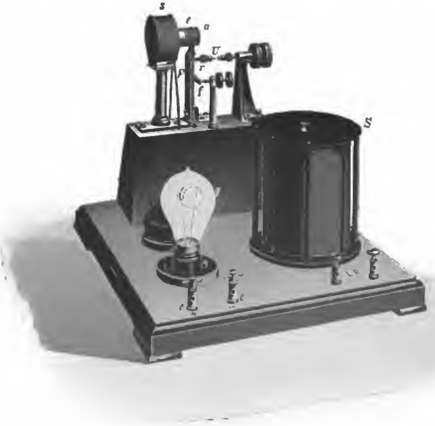
Der Verf. berichtet in Kürze über seine Forschungen seit 1894. Durch Erhöhung der Empfindlichkeit seines Bolometers gelang die Bestimmung einer grossen Zahl neuer Linien (von 100 bis 200 stieg die Zahl auf nahe 600), die Existenz der Linien konnte mit noch grösserer Sicherheit als früher festgestellt werden. Besondere Beachtung wurde auch den tellurischen Linien geschenkt; es fanden sich systematische Aenderungen, welche, wie es schien, von der Jahreszeit abhingen und die für die Meteorologie von Bedeutung sein könnten. *A. K.*

[1]) Kurlbaum.

Apparat zur Erzeugung luftlinienfreier Spektra.

Von A. Miethe. *Phys. Zeitschr.* **2.** *S. 267. 1901.*

Der nebenstehend abgebildete, von der Firma F. Ernecke in Berlin konstruirte Apparat dient zur Erzeugung luftlinienfreier Funkenspektra. In den Stromkreis einer Batterie ist die Spule *S* von hoher Selbstinduktion und geschlossenem magnetischen Kreise und die die Spektra erzeugende Funkenstrecke *U* eingeschaltet. Die bewegliche Platinelektrode der letzteren ist an dem freien Ende der Feder *F* befestigt, welche durch die mit ihr elektrisch isolirt verbundene Feder *f* in rasche Schwingungen versetzt wird. Diese Feder *f* wird nach dem Prinzip des Wagner'schen Hammers in Bewegung gesetzt, und zwar in der Weise, dass in den Strom einer zweiten Batterie der Elektromagnet *s* und die zweite Kontaktstelle bei *f* eingeschaltet sind. In der Ruhelage ist die Feder *f* gegen einen feststehenden Kontakt angedrückt. Wird dann der Strom der zweiten Batterie geschlossen,



so zieht der Eisenkern *e* des Elektromagnets *s* den an der Feder *f* sitzenden Anker *a* an, der Kontakt bei *f* wird dadurch geöffnet, und so geräth die Feder *f* in Schwingungen und theilt diese Schwingungen der Feder *F* mit. Natürlich können die beiden Stromkreise auch von einer einzigen Batterie gespeist werden.

Die Platinelektroden der Funkenstrecke *U* stecken der besseren Wärmeableitung wegen in Kupferklötzchen. Die Glühlampe *g*, deren Licht beim Gebrauch des Apparats durch einen überzustülpenden schwarzen Metallzylinder abgeblendet wird, dient als Vorschaltwiderstand für den Elektromagnet *s*, für den Fall, dass der Apparat an eine Lichtleitung angeschlossen werden soll.

Mit dem Apparat lassen sich noch sehr kleine Substanzmengen spektrographisch untersuchen. So reichte z. B. 1 *mg* Radium-haltige Substanz aus, um 4 luftbandenfreie Spektralaufnahmen zu erhalten, die eine Exposition von 4 bis 10 Sekunden erforderten.

Schk.

Quadrantenelektrometer für Wechselstrommessungen.

Von G. L. Addenbrooke. *The Electrician* **45.** *S. 901. 1900.*

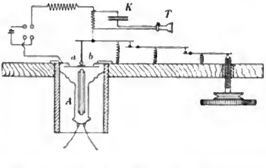
Addenbrooke hat ein Elektrometer mit leicht veränderbarer Empfindlichkeit konstruirt, indem er die Quadranten aus zwei Stücken anfertigt, von denen die untere Platte fest angeordnet ist, während die obere mittels Druckschrauben in verschiedenen Abständen von der unteren eingestellt werden kann; seitlich bleiben die Quadranten offen. Die Nadel ist möglichst leicht und hängt an einem Band aus Phosphorbronze. Bringt man die Quadrantenplatten so nahe an einander, dass ihr Abstand nur noch etwa 1 *mm* beträgt, so erhält man bei idiostatischer Schaltung und 2 *m* Skalenabstand für 1 Volt etwa 50 bis 100 Skalentheile Ausschlag. Daraus geht hervor, dass man dieses Elektrometer nicht nur in der üblichen Weise als Leistungs- und Spannungsmesser für höhere Spannungen benutzen kann, sondern auch als Strommesser. Man braucht zu diesem Zwecke nur in den Stromkreis einen induktionslosen Normalwiderstand einzuschalten, an dessen Enden bei Stromdurchgang eine Spannungsdifferenz von 1 bis 2 Volt auftritt. Bei grossen Stromstärken dürfte die praktische Ausführung derartiger Widerstände einigen Schwierigkeiten begegnen.

Addenbrooke zeigt in einer Schaltungsskizze, wie man drei derartige Elektrometer in einem Wechselstromkreise anzuordnen hat, um Spannungs-, Strom- und Leistungsmessung mit denselben auszuführen und die Apparate mit Gleichspannungen zu aichen. Um Instrumente zu erhalten, die die zu messende Grösse direkt angeben, werden zunächst die Quadranten so justirt, dass die Ablesungen nahezu mit der zu messenden Grösse übereinstimmen. Die letzte Justirung wird dadurch erhalten, dass mittels einer Schraube der Skalenabstand so lange verändert wird, bis beide Zahlen mit einander übereinstimmen. Die letzte Art der Justirung ist schon von Thiermann angewandt worden (*Elektrotechn. Zeitschr.* **21.** *S. 211. 1900*). E. O.

Elektrisches Mikrometer.

Von P. E. Shaw. *Phil. Mag.* **50.** *S. 537. 1900.*

Das Mikrometer von Shaw dient zur Messung von sehr kleinen Verschiebungen und ist konstruirt worden, um die Empfindlichkeit von Telephonen zu bestimmen, indem man die Durchbiegung einer Telephonplatte misst, wenn durch den Telephonmagneten ein Strom geschickt wird. In der Figur, die einen horizontalen Schnitt der Versuchsanordnung darstellt, ist *b* die Membran eines derartigen in der Grundplatte befestigten Telephons *A*. Auf die Eisenplatte ist ein hochglanzpolirtes Platiniridiumplättchen gelöthet, dem ein an einem Hebel befestigtes Kügelchen *a* aus Platiniridium gegenübergestellt ist. Nähert man das Kügelchen *a* der Membran *b*, so wird im Augenblick der Berührung ein Stromkreis geschlossen, der in einem zweiten, als Stromindikator dienenden Telephon *T* ein scharfes Knacken hervorruft.



Das Kügelchen *a* ist am Ende eines Systems von drei Hebeln befestigt; die Hebelarme von jedem der Hebel stehen etwa im Verhältniss 1 : 10, sodass das System ein Uebersetzungsverhältniss 1 : 1000 hat. Der lange Arm des letzten Hebels liegt gegen die Schraubenspitze eines Sphärometers, dessen Schraube eine Ganghöhe von 0,5 *mm* besitzt und dessen Schraubenkopf in 500 Theile getheilt ist. Eine Drehung des Schraubenkopfes um 1 Theilstrich verschiebt somit das Kügelchen *a* um etwa 10^{-6} *mm*.

Die Drehung des Schraubenkopfes wird aus der Entfernung durch eine Schnurübertragung bewerkstelligt und mit einem Fernrohr abgelesen. Die Hebel sind aus Aluminiumstäben von 6×12 *mm* Querschnitt und etwa 38 *cm* Länge gefertigt. Die Achsen bestehen aus Stahl mit konischen Spitzen, die in Messing gelagert sind. Die kurzen Hebelarme tragen

Gegengewichte, um einen seitlichen Zug auf die Achse zu verhüten. Starke Messingfedern bewirken ein zuverlässiges Anliegen der Hebel gegeneinander. Die Achsenlager des zweiten Hebels können verschoben werden, um das Uebersetzungsverhältniss ändern zu können. Der ganze Apparat ist auf einem starken hölzernen Brett montirt.

Um Erschütterungen nach Möglichkeit auszuschliessen, ist auf einen gemauerten Pfeiler zunächst ein grosser Gummiblock gelegt; es folgen eine Bleiplatte, vier Gummibälle, eine Holzplatte, abermals vier Gummibälle, ein belastetes Gerüst, an welchem mittels vier Gummibändern der Apparat aufgehängt ist. Die Erschütterungen wurden durch diese Vorrichtungen etwa auf den hundertsten Theil reduzirt. Um den Einfluss von Temperaturschwankungen auszuschliessen, wurde der ganze Apparat mit einer dicken Filzschicht umgeben.

Nur wenn die Berührungsstelle von *a* und *b* durchaus sauber ist, hört man im Beobachtungs-Telephon *T* ein scharfes Knacken; die geringsten Verunreinigungen, z. B. durch Staub, sind am Klang dieses Telephons bemerkbar. Ein Versuch, den Raum künstlich von Staub zu reinigen, rief zu starke Temperaturschwankungen hervor und musste wieder aufgegeben werden. Eine weitere Erhöhung der Empfindlichkeit der Einstellung wird durch Anbringen des Kondensators *K* erzielt.

Waren alle Theile gut justirt, so liess sich ein hoher Grad von Genauigkeit erreichen. Nachdem der Apparat auf optischem Wege mittels Newton'scher Ringe geaicht worden war, wurden verschieden starke Ströme durch den Magnet des zu untersuchenden Telephons *A* geschickt und die zugehörigen Durchbiegungen der Telephonplatte gemessen. Die Stromstärke wurde soweit abgeschwächt, bis eine zuverlässige Messung der Verschiebung nicht mehr möglich war. Diese geringste Differenz beträgt etwa $2 \cdot 10^{-6}$ *mm*. Nimmt man nun das Telephon *A* aus der Anordnung heraus und schwächt den Strom des Telephonmagneten so lange, bis man beim Öffnen und Schliessen desselben keinen Ton mehr im Telephon *A* wahrnehmen kann, so findet man, dass diese Stromstärke noch kleiner ist, als die des vorhergehenden Versuches. Trägt man aber die vorher gefundenen Punkte als Koordinaten ein (Abszissen die Verschiebungen, Ordinaten die Telephonströme), so kann man die Kurve nach kleinen Werthen hin extrapoliren, zumal man weiss, dass sie durch den Koordinatenanfangspunkt gehen muss. Auf diesem Wege findet man, dass bei dem untersuchten Apparate die geringste Verschiebung der Telephonmembran, die eben noch hörbar ist, etwa $0{,}4 \cdot 10^{-6}$ *mm* beträgt.

Die Resultate des Verf., welche die Abhängigkeit der Durchbiegung der Telephonmembran von der Stärke des Stromes im Telephonmagnet betreffen, sind in zahlreichen Tabellen und Kurven wiedergegeben. *E. O.*

Helmholtz' Pendelunterbrecher.

Von M. Th. Edelmann. *Ann. d. Physik* **3.** *S. 271. 1900.*

In der mechanischen Ausführung, die Edelmann dem Pendelunterbrecher von Helmholtz gegeben hat, wird der ganze Apparat (Fig. 1) durch zwei Lagerkörper *F G* getragen, die durch drei Säulen *m n e* mit einander verbunden sind. An einer zylindrischen Welle, die auf ein Paar Friktionsrollen gelagert ist, hängt ein Gestänge; letzteres trägt ein schweres schmiedeeisernes Prisma *A* und die beiden Klinken *h* und *k*. Das Prisma *A* kann an den Elektromagneten *E* gehängt werden; wird der Strom desselben unterbrochen, so fällt das Prisma herab und die Klinken *h* und *k* stossen gegen zwei Kontaktmechanismen, die im Moment des Getroffenwerdens zwei Stromkreise öffnen. Der Kontaktmechanismus besteht aus dem Hebelarm *b* (Fig. 2), der durch die Feder *g* gegen die Kontaktschraube *m* gedrückt wird. Schlägt nun die Klinke *k* in Richtung des Pfeiles gegen den Hebelarm *b*, so wird der Stromkreis bei *m* geöffnet; der Hebelarm klappt um und wird von der Feder *g* in einer zur ersten rechtwinkligen Lage festgehalten. Der Hebel *p*, der durch die Feder *s* gegen die Nase *n* gezogen wird, schnellt beim Umschlagen des Hebels *b* gegen die Schraube *q* und kann dadurch im Moment des Umschlagens auch einen Stromkreis schliessen. Die Kontakt-

vorrichtungen sind auf zwei Schlitten befestigt, die durch Mikrometerschrauben p und q (Fig. 1) bewegt werden.

Um den Apparat zu aichen, wird die Entladung eines Kondensators durch einen induktionsfreien Widerstand benutzt, die nach dem Gesetze $q = q_0 e^{-\frac{t}{RC}}$ verläuft. Darin bedeutet q_0 die Elektrizitätsmenge vor dem Beginn der Entladung, q die nach Verlauf von t Sekunden nach Beginn der Entladung im Kondensator zurückgebliebene Elektrizitätsmenge,

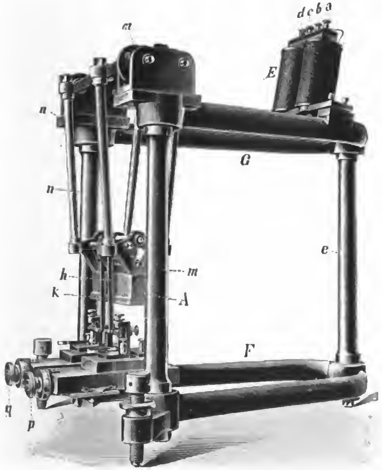


Fig. 1.

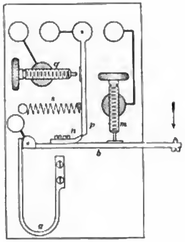


Fig. 2.

R den Widerstand der Leitung, C die Kapazität des Kondensators. Wird also durch das Anschlagen der Klinke k die Entladung eines Kondensators eingeleitet, durch Anschlagen der Klinke h die Entladung unterbrochen, so kann man aus der zurückbleibenden Elektrizitätsmenge die Zeit messen, die zwischen beiden Kontaktauslösungen vergeht. Es ergab sich, dass einer Umdrehung der Mikrometerschraube eine Zeitdifferenz von 0,000 156 Sek. entsprach. *E. O.*

Auftrage-Apparate für Polarkoordinaten.

In mehreren neuern Zusammenstellungen der Auftrage-Apparate für Polarkoordinaten, besonders also zur Kartirung von Tachymeter-Aufnahmen, habe ich das Schwind'sche Instrument dieser Art vermisst, und ich möchte deshalb hier kurz darauf aufmerksam machen, obgleich es bereits fast ein Jahrzehnt alt ist. Obering. Schwind hat zwei Formen (durch Mechaniker F. Miller in Innsbruck) herstellen lassen; die eine ist mit getheiltem Halbkreis, die andere mit Vollkreis ausgerüstet. Im ersten Fall ist der Durchmesser 30 *cm*, die Theilung geht bis auf $\frac{1}{3}°$, der Nonius giebt 1'. Die Zentrirvorrichtung besteht aus einem zylindrischen durchbrochenen Röhrchen, in dessen Achse sich ein genau einpassender Stift drehen und senkrecht verschieben lässt; mit Hülfe einer Zange wird die Einstecknadel in den Punkt der Karte gebracht, von dem die aufzutragenden Richtungen ausgehen, die Zentrirvorrich-

tung wird aufgesetzt und die Nadel eingedrückt. Nachdem dann der Halbkreis aufgelegt ist, kann das Auftragen in bekannter Weise beginnen. Die Einrichtung ist also ganz ähnlich wie die schon ältere Teisehinger'sche. Die Theilungen der Linealkante (Halbkreis-Durchmesser) geben zwei beliebige Längenverhältnisse (in Oesterreich meist 1:1000 und 1:2880 mit Rücksicht auf die „Katastralmappen" in diesem Maassstab). Der zweite Apparat hat einen Vollkreis von 16 *cm* Durchmesser, mit derselben Theilung wie oben; die radiale Doppelschiene von 30 *cm* Länge führt einen Schlitten mit Markirnadel; auch hier können selbstverständlich zwei verschiedene Längenverhältnisse auf den beiden Seiten angebracht werden, für 1:1000 ist mit dem Nonius leicht eine Genauigkeit von 0,1 Meter im Vektor festzuhalten, eine für die tachymetrischen Kleinpunkte überflüssige Genauigkeit, sodass man für sie (wie selbstverständlich schon mit Rücksicht auf den Zeitaufwand durch Einstellen des Nonius) den einfachen Kantenmaassstab ohne Nonius vorziehen wird. Die Preise sind 30 Gulden für den ersten, 60 für den zweiten Apparat. *Hammer.*

Neu erschienene Bücher.

H. M. Wilson, *Topographic Surveying. Including geographic, explanatory and military mapping.* 1. Aufl. 1. Tausend. XXX, 910 S. New York 1900. Geb. 18 M.

Noch ein Buch über die in Nordamerika üblichen geodätischen Methoden, das seines Erfolges nach der im Titel gemachten Angabe von vorn herein sehr sicher sein muss.

Das Werk umfasst eigentlich, wie der Verf. selbst sagt, drei getrennte Abtheilungen: topographische Aufnahmen, geodätische Aufnahmen und praktische Astronomie (geodätisch-praktische Astronomie). Dabei zerfällt die erste Abtheilung wieder in Horizontalaufnahmen, Höhenaufnahmen und Kartenkonstruktion. Die Einleitung bildet eine Auseinandersetzung über Zusammenhang und über Unterschiede zwischen topographischen, geographischen und Erkundungs-Aufnahmen, während im letzten Theil mancherlei praktische Winke über Organisation und Leben von Vermessungsabtheilungen zusammengestellt sind.

Für diese Zeitschrift kommt das Buch selbstverständlich nur so weit in Betracht, als es auf den Instrumentenbau und etwaige besondere Anwendungsformen der Instrumente sich Beziehendes enthält. In dieser Richtung bietet es aber im Ganzen nicht mehr und nicht weniger als andere gute amerikanische Werke ähnlicher Art auch, und ich kann mich deshalb auf folgende Aufzählung beschränken: Messtische und Kippregeln für graphische Triangulirung, für Tachymetrie u. s. f. werden nach dem Modell des *Coast Survey* und nach dem von Prof. Johnson vorgeführt; das Gannett'sche Modell eines leichten Messtischs zu Stationirungen würde allgemeineres Bekanntwerden verdienen und dasselbe gilt von dem „zusammenlegbaren" Messtisch für flüchtige Aufnahmen. Dioptrische Kippregeln sind bei uns bekanntlich auch für *„rough traversing"* und *„sketching topography"* nicht mehr im Gebrauch. Das Skizzirbrett, mit fester kleiner Bussole und mit Maassstablineal ausgestattet (*S. 165*), ist für viele flüchtige Aufnahmen gewiss förderlich.

Von Instrumenten zur genauern oder flüchtigen Zugmessung werden neben dem Messtisch der Transittheodolit und die Prismen-Bussole angeführt; von Längenmessmethoden, je nach der geforderten Genauigkeit: Schätzung, *„Rangefinder"*, Schrittzählen von Menschen oder Reitthieren, „Odometer"-Messung; Tachymetrie, Kette oder Messband, trigonometrische Rechnung. Das Odometer von Douglas (nach E. M. Douglas von der *U. S. Geological Survey*), am Rad eines Wagens befestigt, kann für flüchtige Aufnahmen überall dort, wo eben ein Wagen das Beförderungsmittel bilden kann, vortreffliche Dienste leisten; es ist ebenso wie das *„Glocken-Odometer"* und der *„Hand Recorder"* (einfaches Zählwerk zur direkten Registrirung der Umdrehungen) bei uns, für geodätische oder geographische Zwecke wenigstens, so gut wie unbekannt; die Gannett'sche Tafel (*S. 233*) zur Verwandlung von Radumdrehungen in Längen ist recht bequem.

Bei der Tachymetrie unterscheidet der Verfasser besonders zwei Systeme: 1. Winkel- oder Tangentialsystem und 2. Stadia, Telemeter oder Sehnensystem; diese Eintheilung nebst den zugehörigen Definitionen ist aber nicht genügend klar und bestimmt. Von deutschen Tachymeterformen wird das Wagner-Fennel'sche Instrument erwähnt; von Telemetern das Weldon'sche, das nach Versuchen im Fort Leavenworth, Kansas, bei Entfernungen zwischen 2000 und 3500 Fuss keinen Fehler (einer einzelnen Beobachtung) über $^1/_{40}$ der Entfernung gegeben habe und bei Entfernungen von 2000 bis 12 000 Fuss und bei Handhabung durch Soldaten, die im Gebrauch des Instruments ganz ungeübt waren, im Mittel aus „zahlreichen" Beobachtungen einen Fehler von 2,4% der Entfernung. Die Angaben genügen, wie man sieht, nicht zur Beurtheilung des Instruments und der Versuche.

Von feinern Nivellirinstrumenten werden nur zwei Formen abgebildet, dagegen zahlreiche Scheiben- und sprechende Latten, von denen die Doppel-Scheibenlatte und die (auch von anderswo bekannte) Felder- und Strichtheilung vereinigende Latte des *U. S. Geological Survey* bemerkenswerth sind. Interesse verdient auch in Deutschland die Zusammenstellung der Leistungen und der Kosten amerikanischer Nivellirungen, *S. 350 u. 351.*

Trigonometrische und barometrische Höhenmessung werden verhältnissmässig kurz abgemacht; die bei dieser empfohlene und mitgetheilte Guyot'sche Tafel ist eine Tafel der Rechnungshöhen für eine bestimmte Lufttemperatur, sodass der durch Differenzbildung ermittelte Höhenunterschied zum Schluss mit einer Temperatur-Korrektion versehen werden muss.

Im zweiten Theil wird ausser den Vorrichtungen zur Basismessung mit Stahlbändern und den bekannten amerikanischen Apparaten für ganz feine Messungen (*compensated, contact slide, iced-bar* u. s. f.) auch der Repsold'sche Apparat des *U. S. Coast Survey* beschrieben. Von grössern Triangulirungs-Theodoliten ist nur ein Sägmüller'sches Instrument abgebildet, das nichts Neues bietet. Und auch der dritte, „astronomische" Theil zeigt in den Durchgangsinstrumenten, Zenithfernrohren u. s. f. nur anderweit bereits bekannte amerikanische Formen.

Hammer.

Sonnet, H., *Dictionnaire des mathématiques appliquées.* 6. Aufl. Paris, Hachette 1900. 30 Frs.

Wer vielleicht die erste Auflage dieses Werks in guter Erinnerung hat und nun glaubt, in ähnlicher Weise wie damals über den gegenwärtigen Stand der „angewandten Mathematik" Aufschluss zu erhalten, wird sich getäuscht sehen. Das seiner Zeit recht brauchbare Buch ist in fast jeder Beziehung vollständig veraltet, und es ist schwer begreiflich, wie eine sonst so thätige Verlagshandlung das Werk, so wie es ist, noch weiter ausgeben mag.

Hammer.

C. Oppenheimer, Grundriss d. anorgan. Chemie. 2. Aufl. 8°. VIII, 156 S. m. Fig. Leipzig, G. Thieme 1901. Geb. 3,50 M.

W. Foerster u. E. Blenck, Populäre Mittheilungen z. astronom. u. chronolog. Theile d. preussischen Normalkalenders f. 1902. gr. 8°. 20 S. Berlin, Verlag d. k. statistischen Bureaus 1901. 1,00 M.

H. Fritsche, Die Elemente d. Erdmagnetismus u. ihre säkularen Aenderungen während d. Zeitraumes 1550 bis 1915. 3. Publikation. gr. 8°. 62 autogr. S. St. Petersburg (Wassili Ostrow, kleiner Prospekt 29), Selbstverlag 1900. — Ratzeburg, L. Fritsche. 3,00 M.

E. Warburg, Ueb. d. kinetische Theorie der Gase. Festrede. gr. 8°. 32 S. Berlin, A. Hirschwald 1901. 0,80 M.

J. Hann, Lehrb. d. Meteorologie. Mit mehreren Taf. in Lichtdr., verschiedenen Karten, sowie zahlreichen Abbildgn. im Text. In etwa 8 Lfgn. 1. Lfg. gr. 8°. S. 1 bis 80. Leipzig, Ch. H. Tauchnitz 1901. 3,00 M.

L. Kiepert, Grundriss d. Differential- u. Integral-Rechnung. I. Thl.: Differential-Rechng. 9. Aufl. des gleichnam. Leitfadens v. weil. Dr. Max Stegemann. gr. 8°. XVII, 750 S. m. 171 Fig. Hannover, Helwing 1901. 12,00 M.; geb. 13,50 M.

E. Warburg, Lehrb. d. Experimentalphysik f. Studirende. Mit 410 Orig.-Abbildgn. im Text. 5. Aufl. gr. 8°. XX, 403 S. Tübingen, J. C. B. Mohr 1901. 7,00 M.; geb. 8,00 M.

J. Zacharias, Die Akkumulatoren zur Aufspeicherung des elektrischen Stromes, deren Anfertigung, Verwendung u. Betrieb. 2. Aufl. Mit 294 Illustr. 5. bis 7. (Schluss-) Lfg. gr. 8°. XII u. S. 385 bis 724. Jena, H. Costenoble 1901. 10,00 M.; komplet 22,00 M.

F. Hoefer, *Histoire de la Physique et de la Chimie depuis les temps les plus reculés jusqu'à nos jours.* 3. Ausgabe. 8°. 565 S. m. Fig. Paris 1900. 3,50 M.

S. Jackson, *Metric System in Theory and Praxis.* Mit Einleitg. v. J. E. Downson. 8°. 112 S. London 1900. Geb. in Leinw. 1,20 M.

J. Langlebert, *Physique.* 55. Ausgabe. 8°. VI, 600 S. m. 421 Fig. Paris 1900. 3,50 M.

P. Moulan, *Cours de Mécanique élémentaire à l'usage des écoles industrielles.* 8°. 1124 S. m. 1067 Fig. Paris 1900. 15,00 M.

H. Poincaré, *Cours de Physique mathématique: Electricité et Optique. La lumière et les théories electrodynamiques. Leçons professées à la Sorbonne en 1888, 1890 et 1899.* 2. Aufl., durchgesehen u. vervollständigt durch J. Blondin u. E. Néculcéa. gr. 8°. 652 S. m. 58 Fig. Paris 1900. 18,00 M.

J. Basin, *Leçons de Physique. Partie II: Acoustique, optique, électricité et magnétisme.* 3. Ausg. 8°. 490 S. m. 4 Taf. u. Fig. Paris 1901. 2,50 M.

S. Sheldon and **H. Mason,** *Dynamo-electric Machinery, its Construction, Design and Operation. Direct current Machines.* 8°. 288 S. m. Fig. London 1901. Geb. in Leinw. 10,80 M.

P. G. Tait and **W. J. Steele,** *Treatise on Dynamics of a Particle. With numerous examples.* 7. sorgfältig revidirte Ausgabe. 8°. Mit Fig. London 1901. Geb. in Leinw. 12,50 M.

W. Kaiser, Die Technik d. modernen Mikroskopes. 2. Aufl. 2. Lfg. Wien, Perles. 2,00 M.

W. Miller, Die Vermessungskunde. Ein Taschenbuch f. Schule u. Praxis. 12°. IX, 164 S. m. 117 Abbildgn. Hannover, Gebr. Jänecke 1901. Geb. in Leinw. 3,00 M.

W. Ostwald, Die wissenschaftl. Grundlagen der analytischen Chemie. Elementar dargestellt. 3. Aufl. gr. 8°. XI, 221 S. m. 2 Fig. Leipzig, W. Engelmann 1901. Geb. in Leinw. 7,00 M.

Verzeichniss der Veröffentlichungen aus der physikalisch-technischen Reichsanstalt 1887 bis 1900. gr. 4°. 53 S. Berlin, J. Springer 1901. 2,00 M.

Notiz.

Auf die sehr geschätzten Referate in *dieser Zeitschr.* **20.** *S. 366. 1900* und **21.** *S. 64. 1901* über meinen Distanzmesser (D.R.P. 97 317 und 97 321) habe ich Folgendes zu erwidern:

a) *Zum ersten Referat:* Die dort befürwortete Vereinigung der getrennten Visuren war thatsächlich durch Ausführung einer Skizze *beabsichtigt,* in der das Instrument im Wesentlichen wie bei der jetzigen Ausführung angeordnet war, mit dem Unterschied jedoch, dass das feste Rohr dicht rechts neben das linke drehbare gelegt und der Sehstrahl in 90 *cm* Abstand vom drehbaren Rohr indirekt durch zwei Prismen ins Auge geführt werden sollte. Es hat sich jedoch gezeigt, dass der hiermit zu erzielende grosse Vortheil durch die anderseits erforderlich werdende verwickeltere Konstruktion des Instruments wieder verloren ginge und dass trotz Anwendung getrennter Visuren der vorliegende Apparat anderen ähnlichen Instrumenten überlegen ist; ich blieb deshalb bei getrennten Visuren stehen trotz verlangsamter Zieleinstellung.

b) *Zum zweiten Referat:* Das Instrument giebt im Allgemeinen *Horizontaldistanzen* des Ziels vom Beobachter, wenn nämlich, wie üblich, die Basis längs und quer horizontal gelegt wird. Beim Kippen der Rohre zeigt sich dann für alle Punkte einer Vertikalen durch den Zielpunkt ein und dieselbe Ablesung am Uhrzeiger. Soll die *schiefe* Distanz eines hohen oder tiefen Punkts jener Vertikalen bestimmt werden, so ist zunächst die schmale Querseite der Basis gegen den Punkt hin zu neigen, wodurch bei Koinzidenz der Rohre auf den Zielpunkt ein kleinerer parallaktischer Ausschlagwinkel und demgemäss die Zeigermarkirung einer grössern Distanzzahl entsteht.

Mainz, den 22. März 1901. *B. Kaibel, Grossh. Bauinspektor.*

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXI. Jahrgang. **Mai 1901.** Fünftes Heft.

Ueber ein Mikrophotometer zur Messung der Absorption des Lichts.

Von

Dr. **J. Koenigsberger** in Freiburg i. Br.

Das im Folgenden beschriebene Photometer[1]) sollte drei Bedingungen genügen:

1. Die Genauigkeit der einzelnen Messung sollte möglichst gross sein. Bei Vermeidung systematischer Fehler hätte zwar ein genaueres Resultat auch durch eine grössere Zahl von Beobachtungen und Ausgleichung derselben nach der Methode der kleinsten Quadrate erreicht werden können. Da aber kleine Aenderungen der Lichtabsorption in Folge der Zunahme von Temperatur, Druck und Dissoziation gemessen werden sollten und es schwierig ist, längere Zeit hohe Temperaturen und Drucke konstant zu halten, so war die Zahl der Ablesungen von vornherein beschränkt und deshalb sollte die Einzelbeobachtung möglichst scharf sein.

2. Es sollte möglich sein, die Absorption ganz kleiner Flächen ($^1/_2$ bis 1 *qmm*) zu bestimmen. Für die Untersuchung fester Körper, dünner Metall- oder Farbstoffschichten, Krystallplatten u. s. w. ist dies nothwendig, da von festen Substanzen nur die Gläser in grösseren Stücken wirklich homogen und als planparallele Platten zu erhalten sind.

3. Das Photometer sollte möglichst lichtstark und geeignet für Beleuchtung mit Licht von beliebigem Grade der Homogenität (von der Quecksilberbogenlampe und den monochromatischen Flammen bis zum weissen Licht) sein. Die Möglichkeit, Messungen auch im ultrarothen und ultravioletten Gebiet anzustellen, scheint dagegen bei dieser Konstruktion leider ausgeschlossen zu sein.

Da die Anwendung des Mikroskops wesentlich ist, so möchte der Verf. seinen Apparat als Mikrophotometer bezeichnen. Das Prinzip des Apparates ist in einem Referat in *dieser Zeitschr. 21. S. 59. 1901* bereits kurz erörtert; es sei auf die dort gegebene schematische Zeichnung verwiesen.

Unter einem Kalkspathrhomboeder, dessen planparallele Flächen mit der optischen Achse einen Winkel von 55° bilden und dessen Höhe 24 *mm* beträgt, ist eine Blende mit zwei rechteckigen Oeffnungen von je 3×5 *mm* Querschnitt in einem gegenseitigen Abstand von 1 *mm* angebracht. In Folge der Doppelbrechung werden in dem auf die beiden Oeffnungen eingestellten Mikroskop vier Bilder gesehen. Liegen die beiden Ausschnitte nahe neben einander, so überdecken sich die beiden mittleren Bilder theilweise. Diese Stelle wird in dem vom Fernrohrobjektiv (vgl. *S. 130*)

[1]) Der Verf. hat mit dieser hier in verbesserter Anordnung beschriebenen Konstruktion die Aenderung der Absorption mit der Temperatur bestimmt. (Habilitationsschrift Leipzig 1900.) Bei den ersten Versuchen mit dieser photometrischen Anordnung unterstützte mich Hr. Leiss von der optischen Werkstätte von R. Fuess in liebenswürdigster Weise. Die hier beschriebene Konstruktion wurde von Hrn. Mechaniker Stoë in Heidelberg zu meiner vollsten Zufriedenheit ausgeführt.

entworfenen reellen Bilde ausgeblendet, sodass alles übrige Licht abgeschirmt ist. Hier fällt also das vom ordentlichen Lichtstrahl entworfene Bild der einen Oeffnung mit dem vom ausserordentlichen Strahl erzeugten Bild der andern Oeffnung zusammen. Demnach sind dort gleiche Theile polarisirten Lichtes vorhanden, wenn die beiden Oeffnungen gleiche Lichtmengen erhalten. Wird vor die eine Oeffnung eine absorbirende Substanz gebracht, so wird in Folge dessen die Intensität des Lichtes in dieser schwächer als an der andern, und daher wird der Antheil des nach einer Richtung polarisirten Lichtes den des andern überwiegen. Man erkennt dies an dem Auftreten gewisser Interferenzerscheinungen, die im unpolarisirten Licht ausbleiben. Wird jetzt das Licht der andern Oeffnung in bekannter Weise, etwa durch Einschieben eines geaichten Rauchglaskeiles oder durch Drehen eines unter den Oeffnungen angebrachten, in einen Theilkreis, dessen Nonius Minuten angiebt, eingesetzten Nicols geschwächt, so werden bei bestimmter Einstellung die beiden Antheile polarisirten Lichtes wieder einander gleich und die Interferenzerscheinung verschwindet. Die Empfindlichkeit des Photometers ist also wesentlich durch die leichte Sichtbarkeit der Interferenzerscheinungen bedingt. Auch in homogenem Licht sehr scharf wahrnehmbar sind die durch Interferenz polarisirten Lichtes entstandenen hellen und dunklen Streifen einer Savart'schen Platte. Der Verf. hat als solche zwei Kalkspathplatten von 5 *mm* Dicke, unter 45° zur Achse geschnitten und gekreuzt, verwandt. Um die Sichtbarkeit zu erhöhen, wurde mit Vortheil eine Kontrastvorrichtung benutzt, durch welche das Gesichtsfeld in zwei Theile zerlegt wird. Man stellt dann nicht auf Verschwinden, sondern wie bei dem Lummer-Brodhun'schen Photometer, auf gleichen Kontrast beider Hälften ein. Dieser Kontrast wurde durch zwei Deckglasplatten hervorgerufen, welche je eine Oeffnung zur Hälfte bedeckten und deren optische Grenze eine scharfe Linie ist. In Folge des Reflexionsverlustes kommt ein Kontrast von etwa 8% zu Stande. Um die Streifen wahrzunehmen, wird als Okular ein kleines auf unendlich eingestelltes Fernrohr F (Fig. 1) von 7-facher Vergrösserung (Brennweite des achromatischen Objektivs 5 *cm*) benutzt. Zwischen dieses Fernrohr und die Savart'sche Platte S wird in den Mikroskoptubus ein Nicol N_1 eingeschoben. Dieser braucht nicht drehbar zu sein, da er seine Lage unverändert beibehält, und muss nur einmal annähernd auf 1° bis 3° genau orientirt werden, bis die Streifen möglichst scharf erscheinen. Die Savart'sche Platte wird über das Mikroskopobjektiv O entweder in das Objektiv selbst oder in einen besonderen drehbaren Ring eingelegt und muss mit hartem Wachs eingeklebt werden in einer solchen Orientirung, dass die Streifen in der Mitte des Gesichtsfeldes erscheinen.

Als Mikroskopobjektiv dient eine achromatische Linse, am besten von 6 bis 9 *cm* Brennweite. Das Kalkspathparallelepiped K von 3,0 *cm* Länge und 1,3×1,3 *cm* Querschnitt mit planparallelen Flächen wird in einer Röhre befestigt, die auf einer runden Messingplatte von 6 *mm* Dicke aufgeschraubt ist. An dem untern Ende der Röhre wird die Blende mit den beiden Oeffnungen angebracht. In der Messingplatte befindet sich ein länglicher Einschnitt E, zum Einschieben und Verschieben des Rauchglaskeiles. Die Messingplatte ist an einer grösseren Platte mit zwei Klammern befestigt; bei Lockerung der letzteren können daher Kalkspath und Oeffnungen solange verschoben werden, bis sie in der Mitte des Gesichtsfeldes erscheinen. Unter der grösseren Platte sind zwei Schienen P (Fig. 2) aufgekittet, in welche ausgeschnittene Messingschablonen mit der zu untersuchenden Substanz eingeschoben und vor die eine Oeffnung gebracht werden können. An dem Messingfuss M, welcher die Platte mit dem Kalkspath trägt, ist ferner noch ein Halter T befestigt. Dieser

trägt einen Theilkreis, welcher 5′ angiebt und in den ein Thompson'scher oder Lippich'scher Nicol N_2 eingesetzt werden kann. Nothwendig ist ferner eine Vorrichtung, um die Achse des Mikroskops senkrecht zu den Flächen des Kalkspaths auf $^1/_8{}^0$ genau zu stellen. Das kann entweder wie hier (vgl. Fig. 1) durch Neigen des Mikroskoptubus oder aber durch Justiren des Kalkspathes erreicht werden.

Zur Montirung des ganzen Apparates kann ferner ebensogut ein Mikroskopstativ verwandt werden, wie ich es für eine frühere, von der jetzigen wenig verschiedene Anordnung beschrieben habe.

Falls kleine Aenderungen der Absorption für *eine* Farbe rasch möglichst genau bestimmt werden sollen, wird die Messung mittels der Rauchglaskeile vorgenommen. Diese sind 7,1 *cm* lang und haben eine Dicke, die von 0,1 bis 0,35 *cm* wächst. Durch Glas des gleichen Brechungsindex sind sie optisch zu einer Planplatte ergänzt, sodass

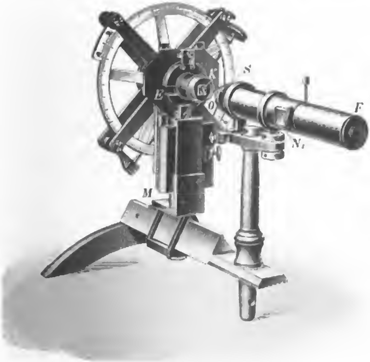


Fig. 1.



Fig. 2.

keine störende Ablenkung stattfindet. An der seitlichen Metallfassung ist eine Millimeter-Theilung angebracht. Zunächst müssen die Keile geaicht werden. Es muss also die Stärke der Absorption, d. h. die von den Rauchglaskeilen zurückgehaltene Lichtmenge als Funktion der Dicke am besten in Form einer Kurve für die verschiedenen Farben ermittelt werden. Ist letztere einmal bekannt, so liest man bei den Messungen nur die Zahl der Millimeter-Theilung an irgend einem festen Nullpunkt ab und hat dann direkt die Stärke der Absorption in der zu untersuchenden vor die andere Oeffnung geschobenen Platte. Zur Aichung der Keile ist für jeden nur die Feststellung der Absorption an je drei Punkten für mehrere Wellenlängen erforderlich. Der Verf. hat für diese Aichung und für die Messungen der Aenderung der Absorption mit der Wellenlänge, die nicht mit Rauchglaskeilen vorgenommen werden, hinter den Kalkspath einen Theilkreis mit Thompson'schem Nicol gesetzt. Man liest erst die Nullstellung des Nicols für gleiche Helligkeit beider Oeffnungen in den vier Quadranten I, II, III, IV ab, nimmt das Mittel aus I und III = 1, aus II und IV = 2, dividirt die Differenz 2 — 1 durch zwei und erhält so einen Winkel α,

der nur wenig von 45° verschieden ist. Darauf schiebt man den Rauchglaskeil bis zu einem bestimmten Punkt ein, dreht den Nicol, bis beide Oeffnungen wieder gleiche Lichtintensität haben, d. h. bis die Savart'schen Streifen verschwinden, liest wieder in allen vier Quadranten ab und erhält auf dieselbe Weise den Winkel φ. Dann ist das Verhältniss der durchgelassenen zur auffallenden Lichtintensität $d = \frac{\mathrm{tg}^2 \varphi}{\mathrm{tg}^2 \alpha}$. Ganz analog verfährt man, wenn statt der Absorption der Rauchglaskeile die einer andern Substanz mit dem drehbaren Nicol bestimmt werden soll. Die Genauigkeit der Messungen ist hierbei dieselbe wie bei Anwendung der Rauchglaskeile, nur müssen statt einer Ablesung hier vier in den vier Quadranten vorgenommen werden. Nach Ausgleichung der Beobachtung mit der Methode der kleinsten Quadrate erhält man für jeden Rauchglaskeil eine Kurve, deren Abszisse die Länge in Millimeter und deren Ordinate die Intensität des durchgelassenen bezw. des zurückgehaltenen (reflektirten und absorbirten) Lichtes angiebt. Die derart erhaltene Aichungskurve ist auf $\pm$ 0,05 % genau.

Im Folgenden ist zur Beurtheilung der Genauigkeit des Apparates eine Messung wiedergegeben, die mit Rauchglaskeil in homogenem Licht (Natriumkarbonatperle im gewöhnlichen Bunsenbrenner), also keineswegs unter den günstigsten Bedingungen angestellt wurde. Viel hängt natürlich auch hier, wie bei den meisten photometrischen Messmethoden, von dem jeweiligen Zustand der Augen des Beobachters ab.

I. Bestimmung der Nulllage. Bei dieser und den anderen Bestimmungen der Nulllage mit den Rauchglaskeilen wird vor die eine Oeffnung eine geaichte Glasplatte geschoben, da der Rauchglaskeil auch bei geringster Dicke in Folge der Reflexion etwa 10% des Lichtes zurückhält.

Ablesung am Rauchglaskeil *1* in *mm*: 50,8; 51,2; 51,5; 50,9; 50,6; 51,1; Mittel 51,00. Dies entspricht nach der Aichungskurve einer Durchlässigkeit von 81,45%. Der mittlere Fehler der einzelnen Messung ist $\pm$ 0,15%, der des Resultats $\pm$ 0,06%. Die zur Kompensation benutzte Glasplatte besass eine Durchlässigkeit von 83,80%. Demnach ist das Verhältniss des durch die beiden unbedeckten Oeffnungen gehenden Lichtes, die Nulllage, $x : 100 = 81{,}45 : 83{,}80$ gleich 97,20%.

II. Bestimmung der Durchlässigkeit der zu untersuchenden Platte (gefärbtes Glas). Ablesung am Rauchglaskeil *1* in *mm*: 9,4; 9,2; 8,3; 9,3; 8,3; 9,2; Mittel 8,95. Dies entspricht einer Durchlässigkeit von 62,60%. Der mittlere Fehler der Messung ist $\pm$ 0,23%, des Resultats $\pm$ 0,094%. Die wahre Durchlässigkeit der betreffenden Platte für Natriumlicht ist demnach $\frac{62{,}60 \cdot 100}{97{,}20} = 64{,}40\%$ mit einem wahrscheinlichen Fehler von $\pm$ 0,11%.

Der mittlere Fehler zahlreicher anderer Durchlässigkeitsbestimmungen, die sich aus zwei einzelnen Bestimmungen zusammensetzen, beträgt für gelbrothes, gelbes, gelbgrünes Licht von mittlerer Intensität ähnlich wie im obigen Beispiel etwa 0,10 bis 0,15%, der des einzelnen photometrischen Messungsresultates (Mittel aus 6 Bestimmungen) etwa 0,08%. *Demnach ist dieses Photometer den besten anderen Konstruktionen mindestens gleich.* Werden die Messungen statt mit den Rauchglaskeilen mit dem drehbaren Nicol vorgenommen, so ist die Genauigkeit dieselbe. Bei rothem und grünem Licht arbeitete ich mit einem mittleren Fehler des Einzelresultates (Mittel aus 6 Bestimmungen) von 0,12%, bei blauem mit einem von 0,15 bis 0,25%, bei violettem 0,25 bis 0,50% und mehr. Die grösseren Fehler im Blau und Violett sind nicht durch geringere Helligkeit hervorgerufen; denn die Beobachtungen mit spektral zerlegtem Sonnenlicht waren im Blau und Violett nicht genauer. Sie sind auch im

Wesentlichen nicht durch die Konstruktion bedingt, denn bei Benutzung einer dem Glan'schen Photometer[1]) analogen Anordnung trat dieselbe Erscheinung auf. Es muss eine physiologische Ursache vorliegen; ob andere Beobachter dieselbe Erfahrung gemacht haben oder ob es eine individuelle Erscheinung ist, weiss ich nicht.

Als Lichtquelle wurde häufig homogenes Licht angewandt. In vielen Fällen genügten Strahlenfilter, deren Wellenlängenschwerpunkt mit einem Spektralapparat genau bestimmt worden war. Für andere Zwecke, z. B. zur Untersuchung der Absorption in Krystallen ist es dagegen wünschenswerth, kontinuirlich im ganzen Spektrum Messungen anzustellen. Daher wurde ein Spektralapparat benutzt, der im Prinzip dem von Hrn. Wülfing[2]) angegebenen ähnlich ist und schon an anderer Stelle beschrieben wurde. Der Wülfing'sche Apparat eignet sich natürlich ebenso gut. Auch der Hartnack'sche Beleuchtungsapparat für monochromatisches Licht dürfte vollkommen ausreichen. Als Lichtquelle wurde hierfür ein guter Auer-Brenner oder Azetylenlicht verwandt.

Für die Absorptionsmessungen in Krystallen ist noch eine Orientirung der Krystallplatte gegen die Hauptschwingungsrichtungen des Kalkspaths erforderlich. Falls mit dem drehbaren Nicol und nicht mit den Rauchglaskeilen gearbeitet wird, muss diese auf etwa 3′ genau geschehen, da andernfalls die photometrische Messung dadurch gefälscht würde[3]). Um die exakte Orientirung zu erreichen, wird auf eine in die Schienen *P* genau passende Messingschablone eine grössere Quarzplatte, parallel zur Achse geschnitten, mit Klebwachs befestigt. Sie wird dann solange gedreht, bis beim Verschwinden der Streifen die Einstellung des Nicols unter dem Kalkspath dieselbe (auf 2′ bis 3′ genau) ist, wenn der Quarz eingeschoben ist, und wenn er entfernt ist. Die Orientirung ist dann ebenfalls auf etwa 2′ genau. Darauf wird die Quarzplatte mit Kolophoniumwachs auf der Messingschablone endgültig befestigt, und in bekannter Weise können dann alle andern Krystallplatten auf gleich grossen Messingschablonen der ersten Platte und dadurch dem Kalkspath optisch parallel orientirt werden.

Untersuchung der Konstanz von Siedethermometern aus dem Glase 59^{III}.

Von

Dr. **O. Hecker** in Potsdam.

Wie Mohn in seiner Abhandlung „Das Hypsometer als Luftdruckmesser und seine Anwendung zur Bestimmung der Schwerekorrektion. Christiania 1899“ gezeigt hat[4]), ist es in Folge der Fortschritte der neueren Thermometrie möglich, mit Hülfe des Siedethermometers die Schwerekorrektion des Barometers und somit auch die Schwerkraft selbst mit einer für meteorologische Zwecke hinreichenden Genauigkeit zu bestimmen.

Da die Schwerkraftsbestimmungen in das Arbeitsgebiet des Geodäten fallen, so beauftragte mich der Direktor des Kgl. Geodätischen Institutes, Hr. Geheimrath Helmert, mit dem Studium der Frage, wie es sich mit der Konstanz der Siedethermometer aus den neuen Jenenser Gläsern verhalte.

[1]) Vgl. *a. a. O. S. 7.*

[2]) E. A. Wülfing, *Neues Jahrb. f. Mineral., Beilageband* **12.** *S. 343. 1898.*

[3]) Vgl. meine Habilitationsschrift *S. 13.*

[4]) Vgl. das Referat in *dieser Zeitschr.* **19.** *S. 342. 1899.*

Die Reduktion der Beobachtungen wurde in etwas anderer Weise, als bisher üblich, vorgenommen und soll daher in ihren Hauptzügen hier wiedergegeben werden.

Die drei untersuchten Thermometer sind Einschlussthermometer von R. Fuess in Steglitz aus dem Borosilikatglas 59^{III} verfertigt. Sie sind in 0,01° C. getheilt, haben eine Gradlänge von 46 *mm* und eine Theilung, die etwa das Intervall 97,0° bis 101,5° umfasst. Von der Phys.-Techn. Reichsanstalt wurden sowohl die Korrektionen, die sich aus der Vergleichung mit den Normalthermometern ergaben, für die Temperaturen von 98,0° bezw. 97,5° bis 101,0° für jeden halben Grad auf halbe Hundertel abgerundet bestimmt, als auch die Kaliberkorrektionen, letztere in 0,001°.

Die Kaliberkorrektionen sind in den Korrektionen erster Art schon enthalten. Subtrahirt man sie daher von den letzteren, so bleiben die Fehler übrig, die von dem Thermometerstande allein abhängen und als lineare Funktion desselben betrachtet werden können. Der Werth dieser Funktion ist in der folgenden Weise bestimmt.

Ist c_t die Korrektion für die Temperatur t, die sich aus der Vergleichung mit den Normalthermometern ergeben hat, vermindert um die Kaliberkorrektion, c_s die Korrektion für den Siedepunkt, so ist

$$c_s + y(100 - t) = c_t + \Delta.$$

Für die 3 Thermometer erhalten wir bezw. 7, 8 und 7 Fehlergleichungen zur Bestimmung von c_s und y. Mit den aus den Normalgleichungen folgenden Werthen wurden hierauf Korrektionen für jedes zehntel Grad berechnet, die mit den graphisch interpolirten Kaliberkorrektionen vereinigt und auf 0,001° abgerundet als Korrektionen an die Thermometerablesungen angebracht sind.

Jedes Thermometer hatte seinen besonderen Siedeapparat, bestehend aus Kochgefäss nebst doppeltem Dampfmantel und Spirituslampe. Das Kochgefäss hat einen stark abfallenden Deckel, damit das aus dem Dampfmantel abfliessende kondensirte Wasser sich nicht auf demselben sammeln kann, sondern abfliesst. Der Dampfmantel[1]) lässt sich fernrohrartig zusammenschieben und ist unten mit einem feinen Drahtnetz versehen, damit beim Kochen kein Spritzwasser an die Thermometergefässe gelangen kann. Bis auf die kleinen Versteifungen ist der ganze Zwischenraum zwischen beiden Rohren offen gelassen.

Das Kochgefäss wurde mit 160 *ccm* destillirtem Wasser gefüllt und die Spirituslampe mit 40 *ccm* 86%-igem denaturirtem Spiritus. Es wurde immer mit möglichst gleichen Flammenhöhen gearbeitet, obwohl ein Einfluss der Flammenhöhe innerhalb gewisser Grenzen nicht nachzuweisen war. Wurde eine der drei Flammen so vergrössert, dass der Spiritusverbrauch der dreifache war, so stieg das entsprechende Thermometer nur um 0,0025°.

Zur Vermeidung der Parallaxe geschah die Ablesung der Thermometer mit einem Fernrohr, das sich der Höhe der Quecksilbersäule der Thermometer entsprechend auf einem Stative höher oder niedriger stellen liess, wobei die horizontale Lage des Fernrohrs unverändert blieb.

Korrektionen wegen herausragenden Fadens wurden nicht angebracht, da er immer gleich lang gehalten wurde.

Die Entfernung des Quecksilbergefässes von dem oben erwähnten Drahtnetz betrug immer 5 *mm*. Veränderungen dieses Abstandes haben übrigens nur einen sehr geringen Einfluss; selbst bei einer Vergrösserung desselben bis auf 60 *mm* habe ich denselben nicht sicher nachweisen können.

[1]) Vgl. Grützmacher, *diese Zeitschr.* ***17.*** *S. 199. 1897.*

Am Schlusse der Beobachtungsreihe eines jeden Tages wurden die in die leeren Theile der Röhren überdestillirten Quecksilberpartikel durch Herausnehmen der Thermometer aus den Siedeapparaten und rasches Umdrehen mit dem übrigen Quecksilber wieder vereinigt. Die Thermometer wurden hierauf wieder in den Siedeapparat gesteckt und einige Minuten weiter gekocht, um etwaige durch die beschriebene Manipulation entstandenen Spannungen im Glase zu beseitigen. Hierauf wurden die Spirituslampen ausgelöscht und die Thermometer blieben dann bis zu ihrer völligen Abkühlung im Siedeapparat.

Das Barometer, welches für diese Untersuchung benutzt wurde, ist ein Gefässheberbarometer nach dem System Wild-Fuess mit einer lichten Weite von 15 *mm*, direkter Ablesung von 0,02 *mm* und Einrichtung zum Messen der Kuppenhöhe. Letztere blieb während der Dauer der Beobachtungen unverändert, es brauchten also keine Korrektionen wegen Kapillardepression angebracht zu werden, die für weitere Glasröhren sehr unsicher sind und dringend einer Neubestimmung bedürfen. Die Theilung des Barometers wurde auf Theilungsfehler untersucht und die Fehler des Nonius, die bis auf 0,025 *mm* stiegen, an die Beobachtungen angebracht.

Das ganze Instrument wurde in einem mit Glasfenstern versehenen und mit 1 *cm* dicken Korkplatten belegten Holzkasten eingeschlossen. Nach aussen gehende, mit Universalgelenken versehene Schlüssel ermöglichten die Einstellung der Visireinrichtung und die Bewegung der unteren Anhebeschraube des Quecksilbers. Der Fehler in der Bestimmung der Temperatur, der im Allgemeinen sehr unterschätzt wird, wird durch diese Einrichtung stark herabgedrückt; die Temperaturangaben zeigten nur sehr langsame Schwankungen.

Die Beobachtungsreihe umfasst die Zeit vom 25. Nov. 1900 bis 1. Jan. 1901. Es wurde an allen Tagen beobachtet, mit Ausnahme vom 30. Nov. und 16. Dez. Die Beobachtungen von 4 Tagen wurden verworfen, meistens wegen rascher und unregelmässiger Luftdruckänderung.

Das Schema, nach dem die Beobachtungen angestellt wurden, ist das folgende.

Frühestens 8 Minuten nach Beginn des Siedens:

Ablesung des Barometers, der drei Thermometer, des Barometers, Satz 1.

Hierauf Flammen $\frac{1}{2}$ Min. entfernt und frühestens nach 6 Min.:

Ablesung der drei Thermometer, des Barometers und der drei Thermometer, Satz 2.

Hierauf wieder Flammen $\frac{1}{2}$ Min. entfernt u. s. w. wie vorher, dann Satz 1 und 2 noch einmal wiederholt. Wir erhalten also im Ganzen 4 Sätze von Ablesungen. Kurz vor der Ablesung der Thermometer wurden dieselben mit einem Holzstäbchen leicht geklopft, um eine sichere Einstellung der Quecksilberkuppe zu erreichen.

Die Thermometerangaben wurden mit Hülfe der Wiebe'schen Tafeln in Wasserdampfspannung verwandelt. Diese vermindert um die Barometerhöhe ergiebt die Schwerekorrektion. Bei einem Vergleich der Schwerekorrektionen, die aus den 4 Beobachtungssätzen eines Tages folgen, zeigt sich aber, dass im Allgemeinen die Korrektionen mit der längeren Dauer des Siedens abnehmen. Als Hauptursache hierfür hat man die Erweiterung des Quecksilbergefässes anzunehmen; wie nämlich die angestellten Versuche ergaben, ist der Einfluss der Fehlerquellen, die in demselben Sinne wirken müssten, das Ueberdestilliren des Quecksilbers in den kälteren Theil der Röhre und die Abnahme des Wassers im Kochgefäss, nur gering.

Vom Beginn des Siedens des Wassers verlaufen etwa 4 Minuten, ehe die Thermometer vollständig die Temperatur des Dampfes angenommen haben. Von da ab

macht sich allmählich die Vergrösserung des Quecksilbergefässes bemerkbar. Da es aber unwahrscheinlich ist, dass der Verlauf sofort mit der Zeit proportional, also linear verläuft, scheint es gerathen, die Ablesungen frühestens 8 Minuten nach Beginn des Siedens anzufangen und die folgenden dann auf einen bestimmten Zeitpunkt zu reduziren. Ich habe dafür den Zeitpunkt „Beginn des Siedens + 8 Minuten" gewählt, von wo ab die Annahme eines linearen Verlaufes der Depression innerhalb der Beobachtungsreihe genügend genau sein dürfte.

Bezeichnet man diesen Zeitpunkt mit t_0, ist ferner s_0 die Schwerekorrektion zu dieser Zeit und s_i die Schwerekorrektion zur Zeit t_i, letztere in Minuten ausgedrückt, so ergeben sich für jeden Tag 4 Fehlergleichungen von der Form

$$s_0 + a\,(t_i - t_0) - s_i = \Delta,$$

wo s_0 und a unbekannt sind.

Aus einer Beobachtungsreihe von 29 Tagen, an denen der Luftdruck keinen aussergewöhnlichen Schwankungen unterlag, ergaben sich für a bei den 3 Thermometern gesondert beziehungsweise

$$-0{,}0013 \qquad -0{,}0017 \qquad -0{,}0013\ mm.$$

Mit diesen Werthen wurden die Beobachtungen eines jeden Tages auf den Zeitpunkt „Anfang des Siedens + 8 Minuten" reduzirt. Die Tagesresultate für jedes Thermometer sind dann aus dem Mittel aller Ablesungen eines Tages gebildet. Sämmtliche Werthe sind schliesslich einer allgemeinen Ausgleichung unterworfen. Es wurden Fehlergleichungen angesetzt von der folgenden Form

$$s_0 + (t_i - t_0)\,a + (b - 750\ mm)\,\beta + \gamma\,\frac{db}{dt} + n = \Delta.$$

Hierin ist s_0 der wahrscheinlichste Werth der Schwerekorrektion, a die tägliche Veränderung der Schwerekorrektion in Folge der Inkonstanz der Instrumente, t_i in Tagen ausgedrückt. Da die Schwerekorrektion an einem Orte nicht konstant ist, sondern vom Barometerstande abhängt, denn

$$s = B - b = b\left(\frac{g}{g_{45^0}} - 1\right),$$

worin B die Wasserdampfspannung und b den Barometerstand bezeichnen, so ist noch das Glied $(b - 750\ mm)$ eingeführt, das aber zugleich die Abhängigkeit der Thermometerkorrektion vom Barometerstande in sich fasst.

Das letzte Glied in den Fehlergleichungen, $\frac{db}{dt}$ gleich Aenderung des Barometerstandes in 10 Minuten, berücksichtigt schliesslich noch den Umstand, dass bei steigendem und fallendem Luftdruck die Thermometer und das Barometer nicht gleich rasch folgen, und zwar ist das Siedethermometer träger als das Barometer, da es eine gewisse Zeit braucht, um die der jedesmaligen Dampfspannung entsprechende Temperatur anzunehmen.

Der Werth für a, der linearen Veränderung der Thermometer, interessirt hier besonders. Er beträgt bezw.

$$+0{,}00190 \qquad +0{,}00105 \qquad +0{,}00050\ mm.$$

Nach 37 Tagen hat also bei fast täglicher Beanspruchung der Stand der Thermometer eine Korrektion zu erhalten von nur

	+ 0,070	+ 0,039	+ 0,018 mm
oder in Temperaturgraden ausgedrückt	+ 0,003°	+ 0,001°	+ 0,001° ,

da 0,001° Siedepunktsänderung einer Aenderung der Spannung des Wasserdampfes von 0,027 *mm* entspricht.

Die folgende Tabelle giebt die ausgeglichenen Tagesresultate der Schwerekorrektion für jedes Thermometer, reduzirt auf den 25. Nov. und die Abweichungen vom Mittel. Die beiden letzten Kolumnen geben das Mittel der Abweichungen, ausgedrückt in *mm* Quecksilberhöhe und mittels der folgenden Beziehungen in Schwerkraft umgerechnet.

Es ist

$$s = B - b = b\left(\frac{g}{g_{45^\circ}} - 1\right).$$

Da im Früheren die Barometerstände auf 750 *mm* bezogen sind, so ist also

$$s = 750\left(\frac{g}{g_{45^\circ}} - 1\right)$$

und

$$dg = \frac{g_{45^\circ}}{750}\, ds = 13{,}07\, ds.$$

	Therm. I mm	Abw. v. Mittel	Therm. II mm	Abw. v. Mittel	Therm. III mm	Abw. v. Mittel	Mittel der Abw. ds mm	dg m
25. Nov. 1900	0,463	+ 14	0,426	+ 5	0,407	— 32	— 0,004	— 0,00005
27.	0,471	+ 22	0,432	+ 11	0,444	+ 5	+ 0,013	+ 0,00017
28.	0,448	— 1	0,426	+ 5	0,374	— 65	— 0,020	— 0,00026
29.	0,429	— 20	0,414	— 7	0,400	— 39	— 0,022	— 0,00029
2. Dez.	0,461	+ 12	0,420	— 1	0,409	— 30	— 0,006	— 0,00008
3.	0,426	— 23	0,419	— 2	0,427	— 12	— 0,012	— 0,00016
4.	0,398	— 51	0,391	— 30	0,425	— 14	— 0,032	— 0,00042
5.	0,437	— 12	0,434	+ 13	0,430	— 9	— 0,003	— 0,00004
6.	0,456	+ 7	0,398	— 23	0,492	+ 53	+ 0,012	+ 0,00016
7.	0,434	— 15	0,410	— 11	0,453	+ 14	— 0,004	— 0,00005
8.	0,471	+ 22	0,431	+ 10	0,451	+ 12	+ 0,015	+ 0,00020
9.	0,496	+ 47	0,426	+ 5	0,423	— 16	+ 0,012	+ 0,00016
10.	0,453	+ 4	0,429	+ 8	0,454	+ 15	+ 0,009	+ 0,00012
11.	0,453	+ 4	0,410	— 11	0,416	— 23	— 0,010	— 0,00013
12.	0,444	— 5	0,447	+ 26	0,451	+ 12	+ 0,011	+ 0,00014
13.	0,463	+ 14	0,415	— 6	0,445	+ 6	+ 0,005	+ 0,00007
14.	0,485	+ 36	0,417	— 4	0,487	+ 48	+ 0,027	+ 0,00035
15.	0,444	— 5	0,447	+ 26	0,447	+ 8	+ 0,010	+ 0,00013
17.	0,425	— 24	0,377	— 44	0,473	+ 34	— 0,011	— 0,00014
18.	0,435	— 14	0,435	+ 14	0,426	— 13	— 0,004	— 0,00005
19.	0,433	— 16	0,430	+ 9	0,440	+ 1	— 0,002	— 0,00003
20.	0,431	— 18	0,418	— 3	0,433	+ 6	— 0,009	— 0,00012
22.	0,470	+ 21	0,419	— 2	0,474	+ 35	+ 0,017	+ 0,00022
23.	0,452	+ 3	0,448	+ 27	0,451	+ 12	+ 0,014	+ 0,00018
24.	0,444	— 5	0,430	+ 9	0,465	+ 26	+ 0,010	+ 0,00013
26.	0,444	— 5	0,425	+ 4	0,443	+ 4	+ 0,001	+ 0,00001
27.	0,470	+ 21	0,447	+ 26	0,434	— 5	+ 0,014	+ 0,00018
28.	0,464	+ 15	0,389	— 32	0,394	— 45	— 0,021	— 0,00027
29.	0,417	— 32	0,401	— 20	0,391	— 48	— 0,033	— 0,00043
30.	0,448	— 1	0,432	+ 11	0,459	+ 20	+ 0,010	+ 0,00013
31.	0,436	— 13	0,419	— 2	0,470	+ 31	+ 0,005	+ 0,00007
1. Jan. 1901	0,470	+ 21	0.408	— 13	0,467	+ 28	+ 0,012	+ 0,00016
Mittel	0,449		0,421		0,439			

Der mittlere Fehler eines Tagesresultates einschliesslich der Barometerfehler beträgt

in $ds = \pm 0{,}015$ *mm*

„ $dg = \pm 0{,}00019$ *m*.

Da für $b = 750$ *mm* die Schwerekorrektion in Potsdam gleich 0,506 *mm* ist, so ist noch eine konstante Korrektion an die Thermometermittel anzubringen, die hauptsächlich dem Barometer zuzuschreiben ist, das nicht mit einem Normalbarometer verglichen wurde. Sie beträgt für

Therm.	I	+ 0,057 *mm*
„	II	+ 0,085 „
„	III	+ 0,067 „

Wie sich aus dem Mitgetheilten ergiebt, besitzen die aus dem Borosilikatglas 59^{III} hergestellten Siedethermometer eine ausserordentlich grosse Konstanz. Bei sachgemässer Behandlung, die natürlich immer vorausgesetzt werden muss, sind dieselben also sehr geeignet, sowohl zur Bestimmung der Schwerekorrektionen mit einer für manche Zwecke ausreichenden Genauigkeit verwandt zu werden, als auch als Kontrolinstrumente für Aneroid- und Quecksilberbarometer besonders für Forschungsreisende zu dienen.

Die Thätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1900.

(Fortsetzung von Seite 121.)

C. Zweite (Technische) Abtheilung.

I. Präzisionsmechanische Arbeiten[1].

1. Uebersicht der Prüfungs- und Beglaubigungs-Arbeiten.

Die wesentlichsten Prüfungs- und Beglaubigungsarbeiten des präzisionsmechanischen Laboratoriums im Jahre 1900 sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

	Anzahl
Längenmessungen:	
Theilungen auf Silber, Glas, Messing	20
Endmaasse	22
Kaliberkörper (Ringe, Bolzen, Scheiben)	27
Mess- und Theilschrauben, Drehbankspindeln	9
Normale für Mechaniker-Gewinde	66
Ausdehnungs-Koeffizienten von Riefler-Rohren	2
Winkelmessungen (Anschlagwinkel, Prismen u. s. w.)	3
Stimmgabel-Prüfungen:	
Stimmgabeln für den internationalen Stimmton	45
„ anderer Tonhöhe	4
Gyrometer-Prüfungen	1

2. Längenmessungen.

Der für feinere Messungen benutzte *Longitudinal*-Komparator der Reichsanstalt hat eine Reihe von Verbesserungen erhalten, welche die Justirung des Instrumentes erleichtern und das Beobachten bequemer gestalten.

Die Reichsanstalt war andauernd, u. a. durch die Fassung der Prüfungsscheine, bestrebt, die Fabrikanten zu veranlassen, auch die für den Gebrauch in Werkstätten bestimmten Lehren so abzugleichen, dass ihre Abmessungen dem *Nominalwerth* erst nach Reduktion auf die Temperatur von 0° möglichst nahe kommen, wie dies bei wissenschaftlichen Maassen im metrischen System üblich ist. Dieses Bestreben verfolgt den Zweck, die mangelhafte Uebereinstimmung zu beseitigen, welche durch die Verschiedenheiten der (zwischen 14° und 20° schwankenden) Ausgangstemperaturen herbeigeführt wird. Dasselbe hat den Erfolg gehabt, dass zwei hervorragende Firmen dem genannten Grundsatze ent-

[1]) Leman, Blaschke und bis zum 1. April 1900 Göpel.

sprechende Kaliber in den Verkehr bringen. Wenn andere Firmen sich diesem Vorgehen anschliessen, so wäre damit der Gebrauch von Werkstattlehren auf eine rationellere Grundlage gestellt.

Unter den *Drehbankspindeln* befand sich wieder eine von aussergewöhnlicher Länge (8 *m*); ihre Messung erfolgte in ähnlicher Weise, wie bei der im vorigen Berichte erwähnten Spindel von 6 *m* Länge.

Die meistens bereits benutzten Spindeln zeigten sehr erhebliche Abnutzung der Gänge, was eine Messung am Gewinde selbst unverhältnissmässig erschwert. Deswegen wird jetzt mit der Spindel stets auch die zugehörige Mutter eingefordert und aus ihrer Verschiebung die Ganghöhe der zu untersuchenden Spindel abgeleitet. Die Messungsergebnisse stellen alsdann Mittelwerthe für eine grössere Zahl benachbarter Gänge dar und sind demzufolge weniger von zufälligen Gestaltfehlern der einzelnen Gänge abhängig. Ausserdem wird die Reichsanstalt so Gelegenheit haben, auf Verwendung des Gusseisens zu Muttern, statt des bislang überwiegend benutzten Rothgusses, hinzuwirken. Da nämlich erfahrungsgemäss stählerne Spindeln von Muttern aus Gusseisen viel weniger angegriffen werden, als von solchen aus Rothguss, so behalten die in den Prüfungsscheinen angegebenen Zahlen auf längere Zeit Gültigkeit.

Die Bestimmung von thermischen *Ausdehnungskoeffizienten* hat eine Unterbrechung erfahren müssen, da die hierzu nothwendigen Einrichtungen von dem bisher benutzten provisorischen an den nunmehr fertigen neuen Transversal-Komparator zu übertragen waren. Sobald die Zweckmässigkeit der zu diesem Behufe ausgeführten Veränderungen erprobt sein wird, kann die Bestimmung der Wärmeausdehnung in der früheren Weise erfolgen.

Die Beglaubigung von *Gewindebolzen* bezog sich nur auf das Mechaniker-Gewinde. Für eine Beglaubigung des in den beiden letzten Jahren aufgestellten internationalen Systems scheint ein Bedürfniss für die in Betracht kommenden Stellen noch nicht vorzuliegen, da ein dahin zielender Antrag nicht gestellt ist.

Hingegen hat die Reichsanstalt sich mit Anträgen auf Prüfung von Lehren für Wassermesser mehrfach zu beschäftigen gehabt. Der erste derartige Antrag ging vom Verein deutscher Gas- und Wasser-Fachmänner aus. Es handelt sich dabei um ein System, dem englisches Maass zu Grunde liegt. Da diesem Uebelstande nicht mehr abzuhelfen war — was mit geringer Mühe hätte geschehen können, wenn der Reichsanstalt Gelegenheit geboten worden wäre, sich an den Vorarbeiten zu betheiligen — so musste man sich darauf beschränken, auf Prüfungsscheinen die Abmessungen der Normale in metrischem Maasse anzugeben.

Ferner wurde vom Verbande Deutscher Elektrotechniker ein Antrag auf Prüfung von Lehren für Füsse und Fassungen zu Edisonlampen eingereicht; die Verhandlungen hierüber dauern z. Z. noch an.

3. Stimmgabeln.

Wenn auch die Zahl der beglaubigten *Stimmgabeln* zurückgegangen ist, so erscheint es doch bemerkenswerth, dass die Zahl der betheiligten Antragsteller sich erhöht und somit die Herstellung von Normalgabeln für den internationalen Stimmton in dieser Beziehung an Ausdehnung gewonnen hat.

4. Untersuchungen über den Ungleichförmigkeitsgrad im Gange rotirender Maschinen.

Die Veröffentlichung der an Stimmgabel-Diagrammen gefundenen Resultate und der zugehörigen Methode ist erfolgt (Anh. Nr. 38). Eine weitere Veröffentlichung über den von Hrn. Dr. Göpel konstruirten Apparat, welcher das Beharrungsvermögen einer umlaufenden Scheibe verwendet, steht noch bevor.

5. Untersuchung von Kreistheilungen.

Von zwei (auswärtigen) Firmen wurde die Anfrage gestellt, ob und unter welchen Bedingungen *Kreistheilungen* von der Reichsanstalt geprüft werden würden. Daraufhin ist ein ausführlicher Tarif nach Maassgabe der aufzuwendenden Zeit ausgearbeitet und den Einsendern mitgetheilt worden. Eine Rückäusserung liegt noch nicht vor.

II. Elektrische Arbeiten.
A) Starkstrom-Laboratorium[1]).
1. Uebersicht der Prüfungsarbeiten.

Die in dem Jahre 1900 geprüften elektrischen Apparate und Materialien sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

	Anzahl
I. Messapparate.	
A) Mit Gleichstrom geprüfte Zeigerapparate für Messung	
1. der elektrischen Spannung	28
2. „ „ Stromstärke	15
3. „ „ Spannung und Stromstärke	8
4. „ „ Leistung	5
5. „ „ Arbeit (Wattstunden-Zähler)	128
6. „ Elektrizitätsmenge (Amperestunden-Zähler)	2
B) Mit Wechsel- oder Drehstrom geprüfte Zeigerapparate für Messung	
1. der elektrischen Spannung	2
2. „ „ Stromstärke	1
3. „ „ Leistung	6
4. „ „ Arbeit	21
C) Sonstige Messapparate	
1. Strommesswiderstände	2
2. Isolationsprüfer	4
3. Induktionsrollen	6
4. Kondensatoren	10
II. Gebrauchsapparate.	
1. Gleichstrominduktoren für Läutewerke	3
2. Wechselstrominduktoren für Läutewerke	6
3. Funkeninduktoren	2
4. Ventilatoren	1
III. Materialien.	Anträge
1. Isolations- und Durchschlagsprüfungen an Isolir- und Leitungsmaterial	20
2. Bestimmungen von Dielektrizitätskonstanten	10

2. Beschreibung des Prüfungsverfahrens für Elektrizitätszähler.

Das Verfahren und die Einrichtungen der Reichsanstalt für die Prüfung von Elektrizitätszählern ist in der *Elektrotechn. Zeitschr.* **21.** *S. 1035. 1900* für Gleichstrom und *ebenda* **22.** *S. 94. 1901* für Wechselstrom beschrieben worden.

3. Verhalten der Elektrizitätszähler im praktischen Betriebe.

In der Konferenz für die Ausführungsbestimmungen des Gesetzes über elektrische Maasseinheiten wurde von Vertretern der Technik darauf hingewiesen, dass die Einrichtung einer Aichung von Elektrizitätszählern nur dann von Werth sei, wenn dieselbe eine gewisse Schutzfrist zur Folge habe. Andererseits erklärten die Vertreter der Technik, dass über die Zunahme der Fehler der Zähler im praktischen Gebrauch nur ungenügende Erfahrungen vorlägen.

Es wird deshalb beabsichtigt, über die Veränderlichkeit der Angaben von Zählern im praktischen Betriebe Versuche anzustellen, derart, dass etwa 20 Zähler jeder in grösserer Zahl im Verkehr befindlichen Bauart in der Reichsanstalt einer Prüfung unterzogen, dann durch die Vermittlung der verschiedenen Elektrizitätswerke bei den Abnehmern in Berlin und Umgebung unter verschiedenen äusseren Bedingungen aufgehängt und an Ort und Stelle einer periodisch wiederkehrenden Prüfung unterworfen werden.

Alle Fabrikanten von Zählern und die in Betracht kommenden Elektrizitätswerke haben die Unterstützung dieses Planes zugesagt.

Die Versuche sollen gleichzeitig dazu dienen, das bei Massenprüfungen einzuschlagende Verfahren zu studiren, Erfahrungen über etwaige Aenderungen der Zählerangaben in Folge des Transports und der verschiedenen Arten der Aufhängung zu sammeln, sowie die An-

[1]) Feussner, Orlich, Reichardt, Westermann, Voege, Thies, Kühns.

forderungen festzustellen, welche die zur Beglaubigung eingereichten Zähler hinsichtlich ihrer äusseren Einrichtung (Anschluss- bezw. Prüfklemmen u. s. w.) zu erfüllen haben werden.

Zur Durchführung dieses Planes musste die Zahl der Beamten des Laboratoriums vermehrt und seine Einrichtungen erweitert werden.

4. Drehstromanschluss an das städtische Elektrizitätswerk.

Gleichzeitig mit räumlichen Umänderungen im Starkstromlaboratorium, die ein Zusammenlegen und eine Vermehrung der für die Wechselstrom-Arbeiten benutzten Zimmer bezwecken, wurde ein Hochspannungs-Drehstromanschluss (3000 Volt) an das im Sommer 1900 in Betrieb gekommene städtische Elektrizitätswerk ausgeführt. Für diesen Anschluss sind drei Transformatoren vorgesehen, nämlich einer (von 15 Kilowatt) für Elektromotorenbetrieb in der Werkstatt, für allgemeine Stromvertheilung in der Reichsanstalt und für besondere Versuchszwecke, sowie zwei gleichfalls an das städtische Elektrizitätswerk anzuschliessende Transformatoren (von 5 bezw. 60 Kilowatt). Von der Schaltanlage aus sind Drehstromkabel nach der Werkstatt, dem Laboratoriumsgebäude und dem Hauptgebäude der Abtheilung II verlegt und hier mit Anschlüssen in dem optischen und magnetischen Laboratorium und in dem Laboratorium für Wärme und Druck versehen worden.

5. Wirbelstrombremse.

Eine Wirbelstrombremse für genaue Prüfung von Elektromotoren bis zu 4 PS ist in Anschluss an einen bereits vor 8 Jahren nach Angabe von Prof. Feussner gebauten kleinen Apparat dieser Art gezeichnet und im Starkstromlaboratorium hergestellt worden.

6. Dielektrizitätskonstanten und Kondensatoren für hohe Spannungen[1]).

Ueber die Messung von Dielektrizitätskonstanten und über Kondensatoren für hohe Spannung sind im Anschluss an eingesandte Prüfungsaufträge vorbereitende Untersuchungen ausgeführt worden.

7. Wechselstromprüfungen[2]).

Das Messbereich für die Prüfung von Messinstrumenten für Wechselstrom ist erweitert worden, sodass es mit den vorhandenen Einrichtungen z. Z. möglich ist, Messapparate bis zu 1000 Volt und 500 Amp. für einphasiges und dreiphasiges System zu prüfen; eine Erweiterung auf 3000 Volt und 1000 Amp. steht unmittelbar bevor.

Ein Satz von Siemens'schen Wattmetern neuerer Konstruktion mit je 2 Messbereichen für 2,5 und 5 Amp., 12,5 und 25 Amp., 50 und 100, 200 und 400 Amp. maximaler Stromstärke wurde angeschafft und untersucht; dieselben finden bei den Zählerprüfungen Verwendung.

Es wurden im Berichtsjahr besonders Versuche mit Stromstärken zwischen 100 und 500 Amp. angestellt. Bei den hierfür bestimmten Mess-Apparaten sind für die Hauptstromspule erhebliche Kupferquerschnitte nothwendig. Es ist nun bekannt, dass in dicken massiven Leitern, die von Wechselströmen durchflossen sind, sich die Stromstärke der Grösse und Phase nach von Punkt zu Punkt des Querschnittes ändert, und daher die Fernwirkung eines Wechselstromes eine andere sein kann, als die eines Gleichstromes von gleicher Stärke. Bei Leitern mit kreisförmigem Querschnitt äussert sich diese ungleichmässige Stromvertheilung dadurch, dass die Stromstärke an der Peripherie grösser ist, als im Mittelpunkt und dass die Ströme im Mittelpunkt und an der Peripherie eine Phasendifferenz besitzen. Um diese Wirkung abzuschwächen, wurde ein Torsionswattmeter hergestellt, dessen Hauptstromspule aus einem dünnwandigen, in eine Windung gebogenen Kupferrohr besteht. Bei grösseren Stromstärken wird Wasser durch das Rohr geleitet, sodass man bei einem verhältnissmässig kleinen ringförmigen Kupferquerschnitt die Stromstärken bis auf 1000 Amp. steigern kann, ohne dass eine Erwärmung bemerkbar wird. Die Resultate, die mit dem Apparate in der provisorischen Ausführung erhalten wurden, sind befriedigend.

8. Elektrometer.

Die Versuche mit dem Hallwachs'schen Spiegelelektrometer, das, wie bereits im Vorjahre berichtet wurde, zu Spannungs- und Leistungsmessungen benutzt wird, wurden fortgesetzt. Gleichspannungsmessungen ergaben, dass in der Maxwell'schen Formel

$$(Q_1 - Q_2)\left(N - \frac{1}{2}(Q_1 + Q_2)\right) = C\alpha$$

---

[1]) Feussner, Kühns.

[2]) Orlich, Voege.

die theoretisch als Konstante auftretende Grösse C in Wirklichkeit von der Nadelspannung N abhängt, eine Erscheinung, die auch schon von Hopkinson[1]) beobachtet worden ist. Durch Steigerung der Nadelspannung von 0 auf 500 Volt wurde gefunden, dass sich C in der Form darstellen lässt

$$C = A + B N^2,$$

wobei sich für die Konstanten die Werthe

$$A = 0{,}3180 \text{ und } B = 1{,}235 \cdot 10^{-6}$$

ergaben. Die beobachteten und berechneten Werthe sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

N	C beob.	C ber.
10 Volt	0,3190	0,3181
60 „	0,3222	0,3224
150 „	0,3456	0,3458
284 „	0,4175	0,4175
473 „	0,5914	0,5944

Legt man also an die Quadranten eine konstante Potentialdifferenz und steigert die Nadelspannung, so wächst der Nadelausschlag, bis er etwa für $N = 508$ Volt ein Maximum erreicht. Eine weitere Steigerung der Nadelspannung hat eine Verringerung des Ausschlags zur Folge.

Legt man an Nadel und Quadranten Wechselspannungen, so erhält man die richtige Elektrometerkonstante, in dem man in die Formel $C = A + B N^2$, deren Konstanten A und B durch Gleichspannungsmessungen bestimmt worden sind, für N die effektive Nadelspannung einsetzt.

9. Schaltbrett-instrumente. Es wurden mehrere Schaltbrettinstrumente, die von der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft und von Siemens & Halske A.-G. in Berlin der Reichsanstalt zu Versuchszwecken überlassen worden waren, auf ihre Eigenschaften hin geprüft.

10. Selbstinduktionsnormale. Der Satz von Selbstinduktionsnormalen, über den im letzten Jahre berichtet worden ist, wurde durch eine auf Marmor gewickelte Rolle vom Betrage 10^9 *cm* vervollständigt, dann wurden sämmtliche Rollen unter einander verglichen und eine absolute Messung von einzelnen Rollen ausgeführt. Zur Vergleichung kleiner Induktionsrollen wurde ein bifilar gespannter Schleifdraht hergestellt.

Da bei höheren Wechselzahlen die Saitenunterbrecher nicht mehr zuverlässig arbeiten, so wurde, nach dem Vorgang von v. Kries und M. Wien[2]) eine kleine Maschine für hohe Wechselzahlen hergestellt. In eine Kreisscheibe von 50 *cm* Durchmesser wurden nahe der Peripherie 60 äquidistante Eisenkerne eingesetzt. Die Scheibe dreht sich zwischen den Polen eines Elektromagneten, der mit zwei Wicklungen versehen ist. Die eine der Wicklungen dient zur Magnetisirung des Kernes durch einen Gleichstrom, der anderen werden die induzirten Wechselströme entnommen. Man kann dem Apparate Ströme von 1000 Perioden in der Sekunde entnehmen.

B) Schwachstrom-Laboratorium[3]).

1. Uebersicht über die laufenden Prüfungsarbeiten. Im Jahre 1900 wurden auf Antrag geprüft

- 26 Proben Leitungsmaterial (9 Anträge);
- 19 Proben Widerstandsmaterial (6 Anträge);
- 7 Sorten Isolationsmaterialien für niedrige Spannung;
- 188 Einzelwiderstände;
- 40 Widerstandssätze (Kästen, Brücken, Kompensationsapparate) mit 1107 einzelnen Abtheilungen;
- 12 Spannungsmesser für thermoelektrische Temperaturmessung;

[1]) *Proc. Phys. Soc.* **7.** *S. 7. 1885.*

[2]) *Verh. d. naturf. Ges. z. Freiburg* **8.** *S. 2. 1882; Wied. Ann.* **66.** *S. 859. 1898.*

[3]) Lindeck.

113 Clark'sche Normalelemente;
48 Weston'sche Normalelemente;
33 Trockenelemente (7 Anträge);
9 Akkumulatoren (3 Anträge).

Aus dieser Zusammenstellung ist ersichtlich, dass die Prüfungsthätigkeit des Schwachstrom-Laboratoriums in der Berichtszeit eine erheblich ausgedehntere war, als im Vorjahr. Im Einzelnen ist Folgendes zu bemerken.

Eine unter „Isolationsmaterialien" aufgeführte Prüfung bezog sich auf die Untersuchung einer grossen, für das Ausland bestimmten Lieferung von vieladrigen Telephonkabeln auf Isolation, Kapazität und Leitungsfähigkeit der verwendeten Kupfersorte. Mit Ausnahme der letzten Bestimmung mussten die Messungen mit den Apparaten der Reichsanstalt in der Fabrik selbst vorgenommen werden.

Die geprüften Einzelwiderstände setzen sich aus 118 Draht- und 70 Blech-Widerständen zusammen. Für 218 der oben angeführten 228 Widerstände und Widerstandssätze war nach Angabe der Verfertiger Manganin als Widerstandsmaterial gewählt, 6 Einzelwiderstände waren aus Konstantan und 2 ältere aus Neusilber hergestellt, während für 2 Stück keine Angaben vorlagen.

In das Ausland gingen nachweislich 92 dieser Apparate und zwar 50 nach Amerika, 23 nach Oesterreich-Ungarn, 7 nach England, je 4 nach Russland und Italien und je 2 nach der Schweiz und Schweden.

Für die verschiedenen Laboratorien der Reichsanstalt wurden von 21 Einzelwiderständen und 9 Widerstandssätzen die Korrektionen ermittelt.

Die Prüfung von Spannungszeigern für thermoelektrische Messungen auf die Richtigkeit der Spannungsskale wird (auf Antrag von Fabrikanten) in Zukunft nur noch dann ausgeführt werden, wenn das Instrument lediglich eine Spannungsskale und nicht gleichzeitig noch eine Temperaturskale besitzt. Im letzteren Fall wird auch eine Prüfung des zugehörigen Thermoelements und der Temperaturskale zu erfolgen haben.

2. Normal-Elemente.

Die Zahl der geprüften Clark'schen Normalelemente ist etwa dieselbe geblieben wie im Vorjahr, während diejenige der Weston'schen Elemente sich verdoppelt hat.

Bei den Clark-Elementen betrug die Abweichung vom Normalwerth

bei 44 Stück bis zu $\pm$ 0,0003 Volt,
„ 67 „ von $\pm$ 0,0004 bis $\pm$ 0,0006 Volt,

bei einem Element $-$ 0,0007 Volt und bei einem alten, aus dem Jahr 1892 stammenden $-$ 0,0016 Volt.

Seit dem 1. Januar 1901 werden seitens der Reichsanstalt bei allen Spannungsmessungen die von Jaeger und Kahle ermittelten Werthe für die elektromotorische Kraft des Clark'schen ($1{,}432_8$ Volt bei 15°) und des Weston'schen Normal-Elements mit gesättigter Lösung ($1{,}018_6$ Volt bei 20°) zu Grunde gelegt. Dies hat zur Folge, dass von dem genannten Termin ab alle Messungen von Stromstärken und Spannungen um etwa 0,1%, Arbeits- und Leistungs-Messungen um etwa 0,2% niedrigere Werthe ergeben als früher, da bisher für das Clark'sche Element die Zahl $1{,}434_0$ Volt bei 15° angenommen worden war. Diese Aenderung bedingte die Einführung eines neuen Beglaubigungsscheines für das Clark-Element. Die Fehlergrenze für die Beglaubigung ist darin auf $\pm$ 0,001 Volt normirt worden; die bei der Prüfung gefundene Zahl wird auf 4 Dezimalen angegeben und auf $\pm$ 0,0003 Volt verbürgt.

Von den 48 von der *Weston-Co.* eingesandten Elementen mit bei + 4° gesättigter Lösung hatten (auf den Werth $1{,}432_8$ des Clark-Elementes bei 15° C. umgerechnet)

2	Elemente	die	elektromotorische Kraft	1,0189	Volt
3	„	„	„	„ 1,0190	„
10	„	„	„	„ 1,0191	„
24	„	„	„	„ 1,0192	„
3	„	„	„	„ 1,0193	„

während bei je 1 die Zahlen 1,0188 und 1,0197 ermittelt wurden. Vier Elemente konnten mit einem Prüfungsschein nicht versehen werden, drei davon wegen zu hohen inneren Widerstandes.

Die obigen Zahlen zeigen, dass die Uebereinstimmung der in den Verkehr gelangenden Weston'schen Elemente mindestens eine ebenso gute ist, wie bei den Clark-Elementen.

3. Herstellung von Normalelementen für den eigenen Gebrauch.

Für die verschiedenen Laboratorien der Reichsanstalt wurden im Verein mit dem elektrischen Laboratorium von Abtheilung I eine grosse Zahl (über 50) von Weston'schen Kadmium-Elementen mit gesättigter Lösung hergestellt, da in Zukunft diese Elemente vorwiegend benutzt werden sollen.

Im Hinblick auf die Veröffentlichungen von Hrn. E. Cohen (vgl. *S. 111* und Anh. Nr. 41) wurde es für zweckmässig erachtet, nicht nur die etwa 50 neuen Elemente, die je zur Hälfte mit 13%- und 12%-igem Kadmium-Amalgam beschickt waren, sonden auch die 22 im Vorjahr mit 13%-igem Amalgam hergestellten (vgl. den letzten Thätigkeitsbericht) sowie 8 alte Elemente mit 14,3%-igem Amalgam bei verschiedenen Temperaturen, insbesondere bei 0° C. zu untersuchen. Bei den letzteren Versuchen bestätigte sich die Erwartung, dass die zuerst in der Reichsanstalt an Elementen mit 14,3%-igem Amalgam beobachteten Unregelmässigkeiten der elektromotorischen Kraft in der Nähe von 0° bei Elementen mit 13%- oder 12%-igem überhaupt nicht merklich auftreten; denn bei *keinem* unter etwa 80 derartigen Elementen wurde ein unregelmässiges Verhalten beobachtet, selbst dann nicht, wenn die Elemente eine Woche lang auf 0° gehalten worden waren, während von den acht Elementen mit 14,3% Kadmiumgehalt nur zwei Stück eine um etwa 0,1% zu hohe elektromotorische Kraft zeigten; bei etwa 10° C. verhielten sich aber auch diese Elemente wieder normal.

Durch diese Untersuchungen, deren Veröffentlichung inzwischen erfolgt ist[1]), zusammengenommen mit früheren Arbeiten der Reichsanstalt und den bisherigen Erfahrungen an den zur Prüfung eingesandten Elementen, sind die Behauptungen des Hrn. Cohen, soweit sie sich auf die angebliche Unbrauchbarkeit des Weston'schen Elementes beziehen, vollständig widerlegt, und zwar sowohl für die in der Reichsanstalt übliche als auch die von der *Weston Electrical Instrument Co.* in Berlin ausgegebene Form des Elements.

4. Kundt'sche Widerstände.

Von älteren Kundt'schen Widerständen wurden etwa 30 Stück mit Werthen zwischen 20 000 und 700 000 Ohm, die theils nach dem Aetzverfahren, theils nach dem im vorigen Bericht erwähnten Schering'schen Verfahren hergestellt sind, im Februar, Juli und Dezember vorigen Jahres genau gemessen; ihre Konstanz war eine recht befriedigende. Die beobachteten Aenderungen betragen in den meisten Fällen nur wenige Zehntausendstel des Werthes.

5. Pyrometrische Arbeiten.

Betreffs der in Gemeinschaft mit dem Laboratorium für Wärme und Druck angestellten pyrometrischen Arbeiten vgl. *S. 147* und Anh. Nr. 42.

C) Magnetisches Laboratorium[2]).

1. Uebersicht der Prüfungsarbeiten.

Die im Jahre 1900 geprüften Messapparate und Materialien sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

I. Messapparate.	Anzahl
Magnetisirungsapparate (nach Köpsel) der Firma Siemens & Halske A.-G.	3
Magnetische Waagen nach du Bois	1
II. Materialien.	
Hufeisenmagnete	2
Gehärteter Stahl	3
Stahlguss, Gusseisen und Walzeisen	35
Dynamoblech	8
Unmagnetisches Material	1

Ausserdem wurden 7 Stahlgussstäbe von gleichem Material in verschiedenen Umhüllungen (Luft, Sand, Eisenspähne und Holzkohle) mehrfach in einem Ofen der Königlichen

[1]) *Diese Zeitschr.* **21.** *S. 33 u. 65. 1901; Ann. d. Physik* **5.** *S. 1. 1901.*

[2]) Gumlich, Schmidt.

Porzellanmanufaktur ausgeglüht und nach jedesmaligem Ausglühen untersucht; die Ergebnisse der Untersuchung sind von der Firma Siemens & Halske bei Herstellung der neuen magnetischen Waage nach du Bois verwendet worden.

2. Vergleichung von Untersuchungsmethoden für magnetische Materialien.

Da es für laufende Prüfungen wie für wissenschaftliche Untersuchungen von Werth ist, bei den magnetischen Messungen nach der Jochmethode nicht an Stäbe von 6 *mm* Durchmesser gebunden zu sein, für welche die Scheerungskurve durch frühere Untersuchungen bereits bekannt war, so wurde die Bestimmung der Scheerung auch für Stäbe von 7, 8, 9, 10 *mm* Durchmesser, und zwar für das grosse wie für das kleine Joch (25 bezw. 10 *cm* freie Stablänge) auf folgende Weise durchgeführt: Zwei Stäbe von 10 *mm* Durchmesser aus möglichst identischem Material mittlerer Güte wurden zunächst im Joch untersucht; sodann wurde der eine direkt zum Ellipsoid abgedreht, der andere unter stufenweiser Verringerung des Durchmessers auf 9, 8, 7 und 6 *mm* jedesmal im Joch untersucht und schliesslich ebenfalls zum Ellipsoid abgedreht. Durch die Untersuchung der Ellipsoide mittels des Magnetometers liessen sich dann die magnetischen Eigenschaften in absoluter Weise feststellen, und durch die Vergleichung dieser Resultate mit den entsprechenden Resultaten der Jochmethode konnte die Scheerung für die Stäbe verschiedener Dicke ermittelt werden. Die Erwartung, dass diese Scheerungswerthe einen regelmässigen kontinuirlichen Gang aufweisen würden, bestätigte sich nicht, es ergab sich vielmehr, dass die Scheerung nicht nur vom Material und den Dimensionen des Stabes und des Joches, sondern in beträchtlichem Maasse auch von der Beschaffenheit bezw. dem Material der Klemmbacken abhängt, deren magnetische Eigenschaften offenbar zum Theil von denjenigen des Joches bedeutend abwichen.

Da es ausgeschlossen erschien, auf diesem Wege mit den bisherigen Jochen und deren Klemmbacken zu vollkommen befriedigenden Resultaten zu gelangen, so werden entsprechende Versuche mit zwei schon vorhandenen, bis jetzt aber noch nicht benutzten Jochen derselben Dimensionen aus hervorragend gutem Walzeisen durchgeführt werden, von welchem noch genügendes Material zur Herstellung identischer Jochbacken vorhanden ist. Es sollen dann gleichzeitig auch noch Versuche über die Verwendung von Vollbacken mit Kugelkontakten ausgeführt werden, die bei der magnetischen Waage nach du Bois besonders gute Resultate ergeben haben.

Bis zur definitiven Erledigung dieser zeitraubenden Untersuchungen werden die laufenden Prüfungen der Stäbe von 6 bezw. 8 *mm* Durchmesser mit den alten Jochen fortgesetzt.

III. Arbeiten, betreffend Wärme- und Druckmessungen.

1. Uebersicht über die laufenden Prüfungsarbeiten[1]).

Die laufenden Prüfungsarbeiten erstreckten sich auf folgende Instrumente und Apparate:

16 859 Thermometer;
122 Zähigkeitsmesser;
93 Petroleumprober;
8 Siedeapparate für Mineralöle;
16 Federmanometer, darunter 11 Hochdruckmanometer;
39 Barometer;
437 Le Chatelier'sche Thermoelemente;
2 Thermoelemente für tiefe Temperaturen;
41 Indikatorfedern;
1 303 Legirungsringe.

Ausserdem wurden untersucht

5 Senkaräometer;
1 Gasbehälter auf Volumen;
8 Thermometer auf thermische Nachwirkung.

Die geprüften Thermometer vertheilen sich auf folgende Gattungen:

15 057 gewöhnliche ärztliche und ärztliche Maximumthermometer;
47 Zeigerthermometer nach Immisch;

[1]) Wiebe, Grützmacher, Rothe, Möller, Schwirkus, Hebe.

567 feinere Thermometer mit Korrektionsangabe in 0,01°, geprüft in Temperaturen bis 100°;
499 Thermometer mit Korrektionsangaben in 0,1°, geprüft in Temperaturen bis 100°;
10 Insolationsthermometer;
38 Tiefseethermometer;
314 Thermometer für Temperaturen bis 300°;
242 hochgradige Thermometer für Temperaturen über 300° bis 575°;
45 Siedethermometer für Höhenmessungen;
33 Thermometer für Eispunktsbestimmungen oder Messungen unter 0° bis — 80° (1 Thermometer wurde bis — 100° und 1 bis — 170° untersucht);
7 Thermometer mit veränderlicher Quecksilberfüllung (Beckmann'scher Konstruktion);

zusammen 16 859 Stück.

Davon waren 2761 Stück wegen Nichteinhaltung der Prüfungsvorschriften unzulässig, 328 gingen beschädigt ein und 67 wurden während der Prüfung beschädigt. Es sind demnach im Ganzen 3156 Stück, d. h. 18,7% der zur Prüfung eingereichten Thermometer zurückgewiesen worden, was gegen das Vorjahr eine Abnahme von 2% ausmacht. Die Gesammtzahl der Thermometer hat gegen das Vorjahr um rund 2000 abgenommen, was lediglich durch Verringerung der Eingänge an ärztlichen Thermometern verursacht worden ist.

Seit Inkrafttreten der neuen Prüfungsbestimmungen (1. April 1898) hat sich der Prozentsatz der unzulässigen ärztlichen Thermometer von rund 25 auf rund 20% vermindert und derjenige der fehlerfreien von 29 auf 39% gehoben. Es scheint demnach, dass die Fabrikanten sich den verschärften Bestimmungen anbequemt haben, freilich trifft dies nicht für alle Fabrikanten zu, indem bei einzelnen bis mehr als ein Drittel unzulässige Thermometer vorkamen.

Für die ärztlichen Thermometer finden seit dem 1. April 1900 Scheine im verkleinerten Format und mit lateinischer Schrift Verwendung. Scheine mit fremden Uebersetzungen werden mit Ausnahme für die Immisch-Thermometer nicht mehr ausgegeben.

Die Zahl der feineren Thermometer mit Korrektionsangaben in 0,01° hat vom Jahre 1899 auf das Berichtsjahr die bedeutende Zunahme von 354 auf 567 erfahren; neu hinzugetreten sind 38 Tiefseethermometer, die zwar grösstentheils von einem deutschen Fabrikanten in Russland eingesandt waren, doch werden diese Art Thermometer jetzt auch in Berlin in vorzüglicher Beschaffenheit angefertigt. Bei der Prüfung werden die in ein starkwandiges, luftleeres Umhüllungsrohr eingeschlossenen Thermometer auch einer Druckprobe bis 500 *kg/qcm* (bei einem Versuchsrohr ging man sogar bis 800 *kg/qcm*) unterzogen.

Mit dem 1. Januar 1901 ist nun auch der Zeitpunkt eingetreten, von dem ab Thermometer mit Réaumur-Skalen überhaupt nicht mehr zur amtlichen Prüfung zugelassen werden. Das Kgl. Preussische Kultus-Ministerium hat gleichzeitig die völlige Ausmerzung der Réaumur-Thermometer aus allen öffentlichen Kranken- und Irrenanstalten, öffentlichen Badeanstalten, höheren und niederen Schulen für die Preussische Monarchie angeordnet. Hoffentlich folgen die anderen Bundesstaaten baldigst nach, was jedoch wegen der im Brauereigewerbe ausschliesslich gebrauchten Réaumur-Thermometer für die süddeutschen Staaten Schwierigkeiten haben wird.

2. Thermometer-Prüfungsstellen unter Kontrole der Reichsanstalt.

Im Laufe des Berichtsjahres fand eine Revision der Grossherzoglich Sächsischen Prüfungsanstalt zu Ilmenau und eine solche der Gehlberger Prüfungsstelle statt. Während bei ersterer die Zahl der zur Prüfung eingereichten Thermometer fortdauernd steigt, sind in Gehlberg bis jetzt im Ganzen nur einige hundert Thermometer abgefertigt worden.

3. Arbeitsnormalthermometer für die Reichsanstalt. Normale bis 200°[1]).

Ueber die ausgedehnte Vergleichung von 4 Hauptnormalen bis 100° unter einander und mit einer grösseren Anzahl von Quecksilberthermometern aus älteren Glassorten ist im 3. Bande der „Wissenschaftlichen Abhandlungen" (Anh. Nr. 43) von Dr. Grützmacher berichtet worden. Die Vergleichung der Gebrauchsnormale mit den Hauptnormalen wurde

[1]) Grützmacher.

auch in Temperaturen über 50° fortgesetzt. Hierzu wie auch besonders bei der Prüfung der 567 feineren Thermometer hat das neue, elektrisch geheizte Wasserbad mit elektrisch betriebenem Rührwerk wesentliche Dienste geleistet.

Ausserdem wurden noch 1 Normalthermometer von 0° bis 100° mit sämmtlichen Fäden von 2° zu 2° und 2 Normalthermometer von 100° bis 200° von 5° zu 5° neu bestimmt. Mehrere andere neue Normalthermometer sind z. Zt. in Arbeit, und an einigen älteren Normalthermometern sind mehrfach Kontrolbestimmungen ausgeführt.

Die Herstellung von Petrolätherthermometern für Temperatur-Messungen bis — 175° ist im Gange.

4. Hochgradige Thermometer[1]).

Es hat eine Vergleichung der neuen an das Gasthermometer anzuschliessenden hochgradigen Quecksilberthermometer aus Glas 59^{III} mit den für die laufenden Prüfungen benutzten Normalen zwischen 300° und 500° stattgefunden. Auch wurden die Gebrauchsnormale innerhalb desselben Temperaturintervalls unter einander verglichen.

Unter den geprüften 556 hochgradigen Thermometern befanden sich 7 Stück aus Jenaer Verbrennungsröhrenglas und 31 Fabrikthermometer in Längen von 1,5 und 2 *m*.

5. Prüfungsapparate.

Ausser dem schon erwähnten Wasserbad wurde auch der in der Werkstatt neu erbaute Vergleichsapparat für tiefe Temperaturen versucht. Bei diesem Apparat dient flüssige Kohlensäure, welche zur Verdampfung gelangt, zur Abkühlung des aus Alkohol bestehenden Vergleichsbades; er hat sich in Temperaturen bis — 67° bewährt, bei tieferen Temperaturen wird die in den Apparat einströmende Kohlensäure schon fest und verstopft die Kühlschlange und das Kegelventil.

6. Thermoelektrische Arbeiten[2]).

Es wurden geprüft

437 Le Chatelier'sche Thermoelemente;
2 Thermoelemente zum Gebrauch in tiefen Temperaturen.

a) Le Chatelier'sche Thermoelemente.

Von den angeführten geprüften Elementen entstammten 425 Stück den von der Firma W. C. Heraeus in Hanau bei der Reichsanstalt zur Prüfung eingesandten Drahtvorräthen, während die übrigen 12 einzeln eingeschickt waren. Die Zunahme gegen das Vorjahr beträgt über 25%. Die Prüfung geschah nach den in den letzten Thätigkeitsberichten angeführten Methoden, über welche inzwischen eine besondere Publikation erfolgt ist (Anh. Nr. 42).

b) Normalthermoelemente.

Nachdem die gasthermometrischen Untersuchungen in hohen Temperaturen bis etwa 1200° C. in Abtheilung I zum Abschluss gebracht sind, wurden die vorhandenen Normalthermoelemente mit den neu an das Gasthermometer angeschlossenen einer eingehenden Vergleichung im Luftbade und durch Schmelzpunktsbestimmungen unterworfen; die Resultate dieser Arbeiten, die fast vollständig beendet sind, sollen sobald als möglich veröffentlicht werden. Die Prüfung wird vom 1. April 1901 ab nach der neu festgestellten Skale geschehen.

c) Thermoelemente für tiefe Temperaturen.

Neu aufgenommen in die Zahl der laufenden Prüfungsarbeiten wurde die Prüfung der Thermoelemente zum Gebrauch in tiefen Temperaturen bis — 190°. Als Normale dienen zur Zeit eine Anzahl von Konstantan-Eisen-Elementen derselben Thermokraft, welche bei — 79° und bei — 191° mit den die Holborn und Wien'sche Skale (vgl. *Wied. Ann.* **59.** *S. 213. 1896*) darstellenden Platinwiderständen in Abtheilung I verglichen worden sind. In Uebereinstimmung mit der angeführten Abhandlung dient die Gleichung $e = \alpha t + \beta t^2$, wo e die Thermokraft des Elements bei der Temperatur t^0 bedeutet, zur Interpolation zwischen — 79° und — 191°; oberhalb — 79° sind aber die angeführten Konstantan-Eisen-Elemente direkt mit den Alkohol- bezw. Quecksilber-Normalthermometern der Abtheilung II verglichen worden, deren auf das Gasthermometer reduzirte Angaben den laufenden Thermometerprüfungen bis — 79° zu Grunde gelegt werden. Die Prüfungen haben sich bis jetzt nur auf einzelne Elemente erstreckt, doch ist auch die Prüfung eines ganzen Drahtvorraths von

[1]) Rothe, Möller.
[2]) Lindeck, Rothe.

Kupfer und Konstantan in Angriff genommen, welchen die Firma Siemens & Halske A.-G., Berliner Werk, eingesandt hat. Die Vergleichungen der Thermoelemente geschahen in den bekannten Kältemischungen, in fester Kohlensäure und in flüssiger Luft; um aber beliebige Zwischentemperaturen zu erzeugen, wurde in ein mit flüssiger Luft gefülltes Dewar'sches Gefäss ein zweites, mit Petroläther beschicktes gebracht, dessen Temperaturkonstanz durch eine elektrische Heizvorrichtung mit Rührwerk erreicht wurde. In dieser Anordnung wurden auch zwei mit Petroläther gefüllte Thermometer geprüft.

d) Platinwiderstandsthermometer. Von Platinwiderstandsthermometern, welche zur Festlegung der Temperaturskale in Temperaturen von 600° abwärts dienen sollen, wurden drei Instrumente nach den von Callendar angegebenen Modellen unter Berücksichtigung der Abänderungen von Chappuis und Harker (*Trav. et Mém. du Bur. intern. des Poids et Mesures* **12.** *1900*) in der Werkstatt der Reichsanstalt hergestellt.

7. Manometer und Barometer[1]. Es wurden 16 Federmanometer, darunter 11 Stück für Drucke von 100 bis 600 *kg/qcm* geprüft. Da mehrfach Anträge auf Prüfung in Drucken bis 900 und 1000 *kg* gestellt wurden, so sind Vorbereitungen getroffen, derartig hohe Drucke nach einer neuen, von Erik Lisell angegebenen Methode zu messen, wonach sich der elektrische Leitungswiderstand von Metalldrähten proportional mit dem Drucke, dem die Drähte unterworfen werden, ändert.

An Barometern wurden 39 Stück (12 Quecksilber- und 27 Aneroid-Barometer) geprüft; über die Ergebnisse der Prüfung und Untersuchung von Aneroiden in den 10 Jahren 1888 bis 1898 vgl. den Bericht von Hebe in *dieser Zeitschr.* **20.** *S. 253. 1900* (Anh. Nr. 56).

8. Zähigkeitsmesser, Petroleumprober, Mineralöl-Siedeapparate[2]. Im Laufe des Jahres 1900 wurden geprüft

122 Zähigkeitsmesser;
93 Petroleumprober;
8 Siedeapparate für Mineralöle;

zusammen 233 Apparate für Petroleumuntersuchung.

Die Anzahl der Petroleumprober hat sich um 37 Stück gegen das Vorjahr vermehrt. Für die 233 Petroleumapparate war die Prüfung von 308 Hülfsthermometern erforderlich.

9. Schmelzkörper für Dampfkessel-Sicherheitsapparate[3]. Es wurden geprüft

1190 Legirungsringe zwischen 106 und 118°;
113 „ bei 182°;

zusammen 1303 Legirungsringe.

Schmelzpfropfen für Black'sche Sicherheitspfeifen sind nicht eingegangen.

10. Indikatorfedern[4]. Die Einsendung von Indikatorfedern nimmt zu; es wurden 41 solche Federn gegen 27 im Vorjahr geprüft. Ihre Prüfung wurde sowohl in kaltem als auch in warmem Zustand ausgeführt. Anfänglich geschah die Warmprüfung noch wie früher im Pumpenraum des Kesselhauses, später diente jedoch ein von Dreyer, Rosenkranz & Droop in Hannover bezogener kleiner Dampfkessel zu den Prüfungen. Es hat sich indessen herausgestellt, dass die bis jetzt angewendete Art der Warmprüfung mit mancherlei Mängeln behaftet ist, die durch einen eingeschalteten Zwischenapparat, der eine Veränderung des Druckes nach oben und unten gestattet, beseitigt werden dürften. Die bezüglichen Versuche sind noch nicht abgeschlossen.

11. Sonstige Arbeiten[5]. Von sonstigen Arbeiten sind zu erwähnen: Die Untersuchung von 5 Senkaräometern aus Glas 59^{III} für Fridtjof Nansen auf Gewicht, Volumen, Senktemperatur und die Untersuchung mehrerer Glassorten auf thermische Nachwirkung für eine thüringische Glashütte.

---

[1]) Wiebe, Hebe.
[2]) Schwirkus.
[3]) Schwirkus.
[4]) Wiebe, Schwirkus.
[5]) Wiebe, Grützmacher.

IV. Optische Arbeiten.

1. Photometrische Prüfungen[1]).

Die im Jahre 1900 ausgeführten photometrischen Prüfungen sind in der folgenden Zusammenstellung enthalten:

100 beglaubigte Hefnerlampen, davon
 19 mit Visir,
 46 mit optischem Flammenmesser,
 5 mit Visir und optischem Flammenmesser,
 24 mit optischem Flammenmesser und Ersatzdochtrohr,
 6 mit Visir, optischem Flammenmesser und Ersatzdochtrohr;
190 elektrische Glühlampen mit Kohlenfaden, davon
 6 in Dauerprüfung mit im Ganzen 1500 Brennstunden;
2 Nernstlampen;
119 Gasglühlichtapparate, davon
 88 in Dauerprüfung genommen mit im Ganzen 40 770 Brennstunden, und zwar hiervon
  22 für vergleichende Untersuchung von Gasglühlicht mit im Ganzen 10 200 Brennstunden,
  66 für amtliche Prüfungen mit im Ganzen 30 570 Brennstunden;
4 Gasglühlichtbrenner besonderer Konstruktion;
3 Intensivlampen für Gasglühlicht;
1 Gasselbstzünder in Dauerprüfung bis 100 Brennstunden;
9 Gasglühlichtzylinder;
13 Azetylenbrenner;
2 Lampenglocken aus gepresstem Glase für Gasglühlicht und Azetylenlicht;
1 Kalklichtlampe für militärische Zwecke;
16 Spiritusglühlichtlampen, davon
 12 in längerer Prüfung, anlässlich eines Preisausschreibens eingesandt;
1 Karburit-Lampe;
1 Petroleumlampe;
4 Petroleumproben;
1 Stearinkerze;
1 Gasglühlichtdüse;
1 Einsatzstück für Gasglühlichtdüsen;
19 blaue Glasplatten für Signalzwecke.

Hefnerlampen sind im Jahre 1900 in geringerer Anzahl eingesandt worden als im Vorjahre (100 gegen 149). Zu den bisherigen einzigen Fabrikanten derselben, Siemens & Halske und Krüss, ist als dritter Max Kohl in Chemnitz hinzugetreten.

Sehr viel Zeit nahmen die Gasglühlicht-Untersuchungen in Anspruch. Von den bereits im vorigen Bericht erwähnten, gemeinsam mit dem Deutschen Verein von Gas- und Wasserfachmännern unternommenen Versuchen ist eine Reihe, welche sich auf die Fabrikate von 5 Gasglühlichtfirmen erstreckt, zum Abschluss gebracht worden. Ueber das Ergebniss wurde in der Jahresversammlung des genannten Vereins zu Mainz berichtet (Anh. Nr. 45). Es zeigte sich, dass die untersuchten Fabrikate sehr verschieden waren. Das Fabrikat einer Firma zeichnete sich sowohl durch hohe, wie namentlich durch sehr konstant bleibende Lichtstärke aus (im Mittel anfangs 86 HK, nach 25 Stunden 85 HK, nach 100 Stunden 79 HK, nach 300 Stunden 76 HK bei etwa 120 *l* Konsum in der Stunde). Ausser den photometrischen Prüfungen wurde dabei die Lichtstärke und der Heizwerth des benutzten Leuchtgases bestimmt. Dabei ergab sich, dass nur der Heizwerth des Gases für die Gasglühlichtbeleuchtung von Einfluss ist.

Demnächst wird eine neue Reihe von Untersuchungen der gleichen Art in Angriff genommen, zu welcher 6 andere Firmen herangezogen werden sollen.

---

[1]) Brodhun, Liebenthal.

Uebrigens hat die Gasglühlichtindustrie neuerdings weitere Fortschritte gemacht. Es sind Fabrikate zur Prüfung eingereicht worden, welche noch günstigere Zahlen als die oben angegebenen lieferten.

Die von militärischer Seite eingesandte Kalklichtlampe war insofern von Interesse, als der Kalkzylinder durch ein Gemisch von Azetylen und Sauerstoff zum Glühen gebracht wurde. Die Lichtstärke war erheblich höher als beim Knallgasgebläse; sie betrug bei Anwendung einer Linse von etwa 10 *cm* Durchmesser 34000 HK.

Von bedeutenderem Umfang war ferner die Prüfung von 12 Spiritusglühlichtlampen, welche seitens der Deutschen Landwirthschaftsgesellschaft zu Berlin aus Anlass eines Preisausschreibens eingesandt wurden. Der Spiritusverbrauch betrug im günstigsten Falle 1,6 *g* in der Stunde auf 1 HK.

Von der Firma H. Heele in Berlin ist ein neuer rotirender Sektor für Lichtmessungen angefertigt worden, bei welchem die Aenderung der Sektorengrösse sowie die Ablesung der Kreistheilung während der Rotation erfolgt.

2. Prüfung von Saccharimetern.

a) Definition des Hundertpunkts der Ventzke'schen Skale.

Zu der dritten Versammlung der internationalen Kommission für einheitliche Methoden der Zuckeruntersuchungen, welche am 24. Juli 1900 in Paris zusammentrat, ist seitens der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt der Vorsteher des optischen Laboratoriums, Prof. Brodhun, entsandt worden. Von den Beschlüssen sind folgende hervorzuheben:

1. Der Hundertpunkt der Saccharimeter wird erhalten, indem man die Normalzuckerlösung, welche bei 20° C. in 100 *ccm* (ein *ccm* gleich dem Volumen von 1 *g* Wasser von 4° im luftleeren Raum abgewogen) 26,000 *g* reinen Zucker in Luft mit Messinggewichten gewogen enthält, bei 20° im 20 *cm*-Rohr im Saccharimeter polarisirt. Damit ist endlich der Uebelstand verschiedenartiger Definitionen der Ventzke'schen Skale beseitigt. Die Reichsanstalt wird daher bei ihren weiteren Arbeiten den Werth 26 *g* in Luft von der Dichtigkeit 0,0012 und mit Messinggewichten von der Dichte 8,4 oder von *26,016 g im luftleeren Raum gewogen als Normalgewicht* zu Grunde legen.

2. Die Benutzung von Farbenapparaten soll in Zukunft bei saccharimetrischen Bestimmungen verboten sein. Diese Resolution ist mit Rücksicht auf die beabsichtigte Aichung von Saccharimetern durch die Reichsanstalt von Bedeutung.

b) Bestimmung der spezifischen Drehung des Zuckers für Natriumlicht[1]*.*

Die durch die Vermittelung von Prof. Herzfeld beschafften sieben Zuckersorten aus Deutschland, Oesterreich, Frankreich, Russland, England und Nordamerika sind untersucht worden. Die spezifischen Drehungen dieser im Exsikkator über $CaCl_2$ oder P_2O_5 vollkommen getrockneten Zucker differiren bis zu 0,07 %, wobei die äussersten Grenzwerthe von den beiden Rübenzuckersorten aus Frankreich geliefert werden, deren Aschegehalte 0,026 und 0,036 % an Sulfat betragen; zwei andere dieser Zuckersorten, deren beide Aschegehalte unter 0,005 % bleiben, besitzen auch schon um 0,05 % verschiedene spezifische Drehungen. Da es aber wünschenswerth ist, die Normale mindestens auf 0,01 % genau zu erhalten, so wird man die Zuckersorten weiter zu reinigen versuchen müssen.

c) Beschaffung eines Quarzplattensatzes.

Von dem im November 1899 bestellten Quarzplattensatz sind von der Firma Franz Schmidt & Haensch in Berlin bisher vier Platten von 80, 60, 40 und 20 Grad Ventzke geliefert worden; die übrigen konnten wegen der Schwierigkeit, optisch sehr reines Material zu beschaffen, noch nicht hergestellt werden.

3. Prüfung von Quarzplatten[2]*.*

Während des Jahres 1900 wurden 54 Quarzplatten zur Prüfung eingesandt. Mit Ausnahme einer einzigen waren die Platten von genügend guter Beschaffenheit.

Bei der Untersuchung der bisher geprüften, etwa 1,6 *mm* dicken 100° Ventzke-Platten ergab sich die interessante Thatsache, dass ihre Drehungen pro Millimeter (21,7° für Natriumlicht) bis zu 0,019°, d. i. 0,087 %, differiren. Selbst bei möglichst ungünstiger Gruppirung aller Beobachtungsfehler liesse sich aber höchstens eine Differenz von 0,044 % erklären. Somit ist nachgewiesen, dass „optisch reine“ Quarzplatten merkliche Drehungsunterschiede pro Millimeter aufweisen.

[1]) Schönrock.

[2]) Brodhun, Schönrock.

Es wurde nur ein rechtwinkliges Prisma auf Ebenheit der Flächen und Grösse des Winkels und ein Glan'sches Spektrophotometer auf seine Brauchbarkeit geprüft.

4. Dioptrische Prüfungen[1]).

V. Chemische Arbeiten.

1. Veröffentlichung in den Wiss. Abh. der P.T.R.

In dem 3. Bande der „Wissenschaftlichen Abhandlungen“ wurde eine zusammenfassende Darstellung der in der Reichsanstalt angestellten Löslichkeitsbestimmungen veröffentlicht (Anh. Nr. 46 bis 51).

2. Silbervoltameter[2]).

Zur Orientirung über das Anodenmaterial der Silbervoltameter wurden Proben von angeblich reinem Silber mannichfachen Ursprungs analysirt; dieselben haben nachweisbare Spuren von Gold und Kupfer ergeben:

	Gold	Kupfer
Feinsilber von Sy & Wagner	0,0002 %	0,041 %
Granulirtes Silber von Frankfurt	0,005 „	0,0014 „
Elektrolytisches Silber von Schuchardt .	0,003 „	Spur
„ „ „ Merck . . .	kaum Spur	0,0006 %
Alte gebrauchte Anode	0,003 %	0,19 „

Anoden aus absolut reinem Silber lassen sich also aus dem Handel nicht beziehen; auch das elektrolytisch gewonnene Metall enthält Spuren von Verunreinigungen. Man wird indessen darauf rechnen können, dass bei der Verwendung solchen Materials als Anode 100000 Theile des im Voltameter abgeschiedenen Metalles sicher weniger als einen Theil der fremden Metalle enthalten, wenn reine Nitratlösung angewandt und die Verstaubung der Anodenrückstände vermieden wird.

Anoden aus absolut reinem Silber sind wohl praktisch nicht herstellbar; für Versuche von der äussersten Genauigkeit sollte das Silber nach den Methoden von Stas im Laboratorium gereinigt werden.

Korrosionsversuche mit sehr verdünnter Salpetersäure haben ergeben, dass reine oder weniger reine Silberproben, gegossen oder durch Elektrolyse erhalten, ungleichmässig angegriffen werden, indem ein Theil schwieriger gelöst wird als der andere. Der schwerer lösliche Theil scheidet sich in auffälliger Weise als feinkörniges Pulver ab.

Frühere Erfahrungen ergaben, dass bei gewalzten Silberblechen schwer lösliche Oberflächenschichten nachweisbar sind.

Hiernach ist die gleichzeitige Anwesenheit mehrerer Modifikationen des Silbers wahrscheinlich gemacht, ohne dass deren genauere Definirung bisher gelungen ist.

Wenn auch die voltametrischen Messungen davon kaum berührt werden, könnten die Abscheidungen an der Kathode morphologisch durch den Wechsel der Silbermodifikationen beeinflusst werden.

Als wichtigste Fehlerquelle des Voltameters erscheint die Bildung des Silber-Superoxydes an der Anode, da sie den Zutritt des Elektrolyten erschwert und während der Elektrolyse zu den drei weiteren Fehlerquellen Veranlassung giebt:

Verminderung des Silbergehaltes,
Entstehung freier Säure,
Entstehung von Reduktionsmitteln, insbesondere von salpetriger Säure.

Die weiteren Versuche über das Silbervoltameter sind daher auf die Vermeidung des Superoxydes zu richten.

Die Arbeit über die Löslichkeit der Salze wurde fortgesetzt.

Löslichkeit von 3. Natriumchromat[3]). *4. Kalziumchromat*[4]).

Zum Abschluss gebracht und veröffentlicht wurden die Untersuchungen
über die Natriumsalze der Chromsäure,
über das Kalziumchromat,

[1]) Brodhun.
[2]) Mylius, Dietz.
[3]) Mylius, Funk.
[4]) Mylius, von Wrochem.

5. Natriumselenat[1]). 6. Natriummolybdat[1]). 7. Natriumwolframat[1]).

über die dem Natriumsulfat entsprechenden Natriumsalze der Selen-, Molybdän- und Wolframsäure. (Anh. Nr. 50 bis 54.)

Diese Arbeiten liefern einerseits Beiträge für die systematische Chemie, andererseits erläutern sie die Thatsache, dass analog zusammengesetzte Salze verschiedener Elemente zwar verschiedene Löslichkeiten besitzen, dass aber die Aenderungen derselben mit der Temperatur (die Löslichkeitskurven) häufig gleichartig verlaufen im Gegensatz zu den Kurven verschiedener Modifikationen *eines* Salzes.

Die Salzhydrate sind nicht blosse Molekularverbindungen, denn es giebt Fälle, in denen sie nicht aus den Anhydriden durch Aufnahme von Wasser, wohl aber auf anderen Wegen darstellbar sind.

8. Tellursaures Natrium[2]). Das *Natriumtellurat* kennt man seit Berzelius in der Form eines schwer löslichen Dihydrates. Auffallende Uebersättigungserscheinungen führten zu einer näheren Prüfung, welche ausserdem die Existenz eines leicht löslichen Tetrahydrates, $Na_2TeO_4 + 4H_2O$, ergab. Ein dem Glaubersalz entsprechendes Dekahydrat existirt nicht.

Die Tellursäure gilt wie die Schwefelsäure als zweibasisch; es gelang aber, ein Natronsalz von der Zusammensetzung $Na_4TeO_5 + 3H_2O$ aufzufinden, welches sie vierbasisch erscheinen lässt.

Durch diese Beobachtungen tritt einige Aehnlichkeit der Tellursäure mit der Chromsäure hervor.

9. Kobaltjodat[3]). Bevor die Löslichkeit der sehr leicht löslichen Metallchlorate bestimmt wird, sind Versuche an einigen schwerer löslichen Jodaten, namentlich an Nickel- und Kobaltjodat, gemacht worden, deren Hydratmodifikationen nicht sicher bestimmt waren. Von dem Kobaltjodat $Co(JO_3)_2$ werden am leichtesten gewonnen das bräunliche Tetrahydrat, das rothe Dihydrat und das violette Anhydrid.

Die Löslichkeitskurven beider Hydrate laufen ohne Durchschnittspunkt neben einander her, sodass bei allen Temperaturen das Tetrahydrat dem Dihydrat gegenüber labil erscheint. Für derartige Salzformen lassen sich wesentliche Strukturverschiedenheiten voraussehen. Die Jodsäure selbst gehört zu denjenigen Stoffen, für welche die Annahme polymerer Formen kaum zu umgehen ist.

Das Verhalten des wasserfreien Kobaltjodates zum Wasser bedarf noch weiterer Beobachtung.

10. Stabile Hydratformen der Salze[4]). Einzelne Versuche über die bei 18° stabilen Hydratzustände der Salze bezogen sich auf das Baryumoxalat, von welchem ein Dihydrat gefunden wurde, auf molybdänsauren und wolframsauren Kalk, welche als Monohydrate auftreten, und auf das Uranylchlorid, dessen bisher unbekannter Hydratzustand der Formel $UO_2Cl_2 + 3H_2O$ entspricht.

11. Hydrate der Metallbasen[5]). Die Existenz der wasserreichen Hydrate des Natrons und Kalis, welche man zu den Hydraten ihrer Salze in Beziehung setzen kann, machte es wünschenswerth, auch für andere Metallbasen die möglichen Hydratformen aufzusuchen. Für das Zinkoxyd konnte lediglich die Existenz der krystallisirten Verbindung $ZnO + 2H_2O$ bestätigt werden; eine von Weltzien angenommene lösliche Form der Magnesia war näher zu prüfen; sie soll durch Behandlung von Magnesium mit Wasserstoffsuperoxydlösung und Eindampfen erhalten werden. Es ergab sich, dass man hierbei zwar alkalisch reagirende Lösungen bis zu 2% Magnesiagehalt erzielen kann; aus diesen setzt sich fast unlösliches Magnesiumsuperoxyd ab; leicht lösliche Magnesia in fester Form existirt jedoch nicht; das einzige Hydrat derselben bleibt das Hydroxyd $MgO + H_2O$.

12. Salze der Kupfersäure[6]). Durch literarische Zweifel sind orientirende Versuche über die Existenz der Kupfersäure veranlasst worden. Man fand, dass ein karminrothes Kalksalz derselben existirt; die

[1]) Funk.
[2]) Mylius.
[3]) Meusser.
[4]) Mylius, Dietz.
[5]) Mylius.
[6]) Funk, Mylius.

Alkalisalze sind aber bei Gegenwart von Wasser nicht herstellbar; die früheren Beobachter sind hier mehrfach durch die Bildung rother Uebermangansäure getäuscht worden, deren Auftreten den Verunreinigungen des Kupfers zuzuschreiben ist.

13. Analytische Arbeiten.

Chemische Analysen mannichfacher Art für die Zwecke der Reichsanstalt wurden häufig ausgeführt, für die Technik sind mehrere neue Glassorten mit dem bewährten Eosinverfahren geprüft worden.

VI. Arbeiten der Werkstatt.

Gegenstände für grössere Arbeiten bildeten
- 1 Spiegelapparat,
- 1 Rheostat,
- 1 Kommutator zum Entmagnetisiren,
- 1 Quecksilberumschalter,
- 9 Platinthermometer.

Mit Beglaubigungsstempel wurden versehen
- 47 Blechstreifen und Stäbe,
- 41 Stimmgabeln,
- 66 Bolzen,
- 5 Spindeln,
- 100 Hefnerlampen,
- 110 Normalelemente.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt
(gez.) Kohlrausch.

Anhang.

Veröffentlichungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Allgemeines.

1. Wissenschaftliche Abhandlungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, Bd. 3. Berlin, J. Springer 1900.
2. Verzeichniss der Veröffentlichungen aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in den Jahren 1887 bis 1900. Berlin, J. Springer 1901.

Abtheilung I.

Amtliche Veröffentlichungen.

3. Thiesen, Scheel und Diesselhorst, Untersuchungen über die thermische Ausdehnung von festen und tropfbar flüssigen Körpern. *Wiss. Abh. Bd. 3.*
4. Thiesen und Scheel, Bestimmung der Spannkraft des gesättigten Wasserdampfes bei Temperaturen zwischen -12° und $+25^{\circ}$, insbesondere bei 0°. *Wiss. Abh. Bd. 3.*
5. Holborn und Day, Ueber das Luftthermometer bei hohen Temperaturen. Zweite Abhandlung. *Ann. d. Physik* **2.** *S. 505. 1900; Amer. Journ. of Science* **10.** *S. 171. 1900.*
6. Holborn und Day, Ueber den Schmelzpunkt des Goldes. *Ann. d. Physik* **4.** *S. 99. 1901.*
7. Holborn und Day, Ueber die Ausdehnung von Platin, Platiniridium, Palladium, Silber, Nickel, Eisen, Stahl und Konstantan in hoher Temperatur. *Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1900. S. 1009.*
8. Holborn und Day, Ueber die Ausdehnung einiger Metalle in hoher Temperatur. *Ann. d. Physik* **4.** *S. 104. 1901.*
9. Holborn und Dittenberger, Ueber den Wärmedurchgang durch Heizflächen. *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* **44.** *S. 1724. 1900.*
10. Jaeger und Diesselhorst, Wärmeleitung, Elektrizitätsleitung und Thermokraft einiger Metalle. *Wiss. Abh. Bd. 3.*

11. **Jaeger und Kahle**, Die Quecksilbernormale der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt für das Ohm. Fortsetzung I. *Wiss. Abh. Bd. 3*; Auszug in *dieser Zeitschr.* **21.** *S. 1. 1901.*

12. **Jaeger und Lindeck**, Ueber das Weston'sche Kadmiumelement. Erwiderung auf eine Bemerkung des Hrn. E. Cohen. *Ann. d. Physik* **3.** *S. 366. 1900.*

13. **Jaeger und Lindeck**, Ueber das Weston'sche Kadmiumelement. Bemerkung zu einer Veröffentlichung des Hrn. Cohen. *Zeitschr. f. phys. Chem.* **35.** *S. 98. 1900.*

14. **Jaeger**, Ueber die Unregelmässigkeiten Weston'scher Kadmium-Elemente (mit 14,3%-igem Amalgam) in der Nähe von 0°. *Diese Zeitschr.* **20.** *S. 317. 1900; Ann. d. Physik* **4.** *S. 123. 1901.*

15. **Kohlrausch und Maltby**, Das elektrische Leitvermögen wässriger Lösungen von Alkali-Chloriden und -Nitraten. *Wiss. Abh. Bd. 3.*

16. **Kohlrausch**, Ueber das elektrische Leitvermögen von Lösungen der Alkali-Jodate und eine Formel zur Berechnung von Leitvermögen. *Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1900. S. 1002.*

17. **Lummer und Pringsheim**, Ueber die Strahlung des schwarzen Körpers für lange Wellen. *Verhandl. d. Deutsch. physikal. Gesellsch.* **2.** *S. 163. 1900.*

18. **Lummer**, Komplementäre Interferenzerscheinungen im reflektirten Lichte. *Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1900. S. 504.*

19. **Lummer und Pringsheim**, Notiz zu unserer Arbeit „Ueber die Strahlung eines schwarzen Körpers zwischen 100° und 1300° C." *Ann. d. Physik* **3.** *S. 159. 1900.*

20. **Lummer und Kurlbaum**, Ueber das Fortschreiten der photometrischen Helligkeit mit der Temperatur. *Verhandl. d. Deutsch. physikal. Gesellsch.* **2.** *S. 89. 1900.*

21. **Rubens und Kurlbaum**, Ueber die Emission langwelliger Wärmestrahlen durch den schwarzen Körper bei verschiedenen Temperaturen. *Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1900. S. 929.*

22. **Kurlbaum**, Temperaturdifferenz zwischen der Oberfläche und dem Innern eines strahlenden Körpers. *Ann. d. Physik* **2.** *S. 546. 1900.*

Private Veröffentlichungen.

23. **Kohlrausch**, Die Energie oder Arbeit und die Anwendungen des elektrischen Stromes. Leipzig, Dunker & Humblot 1900.

24. **Kohlrausch**, Modell zur Ionenbewegung. *Zeitschr. f. phys. Chem.* **34.** *S. 559. 1900.*

25. **Thiesen**, Ueber das Gesetz der schwarzen Strahlung. *Verhandl. d. Deutsch. physikal. Gesellsch.* **2.** *S. 65. 1900.*

26. **Thiesen**, Ueber allgemeine Naturkonstanten. *Verhandl. d. Deutsch. physikal. Gesellsch.* **2.** *S. 116. 1900.*

27. **Jaeger**, Ueber Normalelemente. *Zentralbl. f. Akkumulatoren- und Elementenkunde 1900. S. 3. 28. 51. 73. 89.*

28. **Jaeger**, Ueber Normalelemente. II. *Ebenda 1901. S. 2.*

29. **Grüneisen**, Ueber die Bestimmung des Wärmeleitvermögens der Metalle und über das Verhältniss desselben zur elektrischen Leitfähigkeit bei Kupfer, Eisen und einer Nickel-Kupferlegierung. *Inaugural-Dissertation. Berlin 1900.*

30. **Lummer und Brodhun**, *Some observations in reply to the paper of Prof. C. G. Knott: „On Swan's prism Photometer, etc." Phil. Mag.* **49.** *S. 541. 1900.*

31. **Lummer und Jahnke**, Ueber die Spektralgleichung des schwarzen Körpers und des blanken Platins. *Ann. d. Physik* **4.** *S. 283. 1900.*

32. **Lummer**, *Sur le rayonnement des Corps noirs. Rapports présentés au Congrès International de Physique à Paris en 1900.* Bd. II. Paris, Gauthier-Villars 1900. *S. 41.*

33. **Lummer**, Ueber neuere Interferenz-Refraktometer und Schlierenapparate zur Aufnahme fliegender Geschosse. *Der Mechaniker* **8.** *S. 25. 1900.*

34. **Lummer**, *Contributions to Photographic Optics translated and augmented by Silvanus P. Thompson* 135 S. London, Macmillan & Co. 1900.

35. **Jahnke, Lummer** und **Pringsheim**, Kritisches zur Herleitung der **Wien**'schen Spektralgleichung. *Ann. d. Physik* **4.** *S. 225. 1901.*

36. **Kurlbaum**, Ueber einen Prioritätsanspruch von Hrn. E. **Villari**. *Phys. Zeitschr.* **2.** *S. 147. 1900; Rend. Accad. di Napoli 1901.*

37. **Kurlbaum**, Ueber eine vortheilhafte Verwendung des Vakuums für bolometrische Messungen. *Phys. Zeitschr.* **2.** *S. 258. 1901.*

Abtheilung II.

Amtliche Veröffentlichungen.

38. **Göpel**, Die Bestimmung des Ungleichförmigkeitsgrades rotirender Maschinen durch das Stimmgabelverfahren. *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* **44.** *S. 1359. 1900.*

39. **Feussner**, Das Prüfungsverfahren für Gleichstrom-Elektrizitätszähler in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. *Elektrotechn. Zeitschr.* **21.** *S. 1035. 1900.*

40. **Orlich**, Ueber Einrichtungen und Methoden zur Prüfung von Wechselstromzählern in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. *Ebenda* **22.** *S. 94. 1901.*

41. **Jaeger** und **Lindeck**, vgl. Nr. 12 und 13.

42. **Lindeck** und **Rothe**, Ueber die Prüfung von Thermoelementen für die Messung hoher Temperaturen. I. *Diese Zeitschr.* **20.** *S. 285. 1900.*

43. **Grützmacher**, Untersuchungen von Thermometern aus älteren Glassorten und Nachprüfung von Haupt-Normalthermometern der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. *Wiss. Abh. Bd. 3; Inaugural-Dissertation, Berlin 1900.*

44. **Schönrock**, Ueber die Abhängigkeit der spezifischen Drehung des Zuckers von der Temperatur. *Diese Zeitschr.* **20.** *S. 97. 1900; Zeitschr. d. Vereins d. Deutsch. Zucker-Ind. (Techn. Theil)* **50.** *S. 413. 1900; Zeitschr. f. phys. Chem.* **34.** *S. 87. 1900.*

45. **Liebenthal**, Ueber die zeitliche Veränderung der Leuchtkraft von Gasglühkörpern. *Journ. f. Gasbeleucht. u. Wasserversorg.* **43.** *S. 665. 1900; Extrait du compte rendu du congrès international de l'industrie du gaz.* Paris, P. Mouillot 1900. *S. 13.*

46.—51. Ueber die Löslichkeit einiger Salze in Wasser. *Wiss. Abh. Bd. 3.*
46. **Dietz**, Die Halogensalze von Zink und Kadmium. — 47. **Funk**, Die Nitrate der Zink-Eisengruppe. — 48. **Mylius** und **Funk**, Das Kadmiumsulfat. — 49. **Mylius** und **Funk**, Das Magnesium- und Kalziumjodat. — 50. **Mylius** und **Funk**, Die Natriumsalze der Chromsäure. — 51. **Mylius** und **von Wrochem**, Das Kalziumchromat.

52. **Mylius** und **Funk**, Ueber die Natriumsalze der Chromsäure. *Ber. d. Deutsch. chem. Ges.* **33.** *S. 3686. 1900.*

53. **Mylius** und **von Wrochem**, Ueber das Kalziumchromat. *Ebenda* **33.** *S. 3689. 1900.*

54. **Funk**, Ueber die Natriumsalze einiger der Schwefelsäure analogen zweibasischen Säuren. *Ebenda* **33.** *S. 3696. 1900.*

Private Veröffentlichungen.

55. **Gumlich** und **Schmidt**, Ueber den Unterschied zwischen stetiger und unstetiger Magnetisirung. *Elektrotechn. Zeitschr.* **21.** *S. 233. 1900.*

56. **Hebe**, Ueber die Prüfung von Aneroiden. *Diese Zeitschr.* **20.** *S. 253. 1900.*

57. **Schwirkus**, Stempelung von Metallgegenständen durch Aetzen. *Deutsche Mech.-Ztg. 1900. S. 193.*

58. **Schwirkus**, Ueber die Zugfestigkeit hartgelötheter Kupfer- und Messingdrähte. *Ebenda 1900. S. 233.*

59. **Schwirkus**, Vorschläge zur Beheizung technischer Oefen mit Azetylen. *Azetylen in Wissensch. u. Indust.* **4.** *S. 1. 1901.*

Referate.

Meridian-Mire mit zylindrischem Spiegel.

Von G. Lippmann. *Compt. rend.* **132.** *S. 507. 1901.*

Der Apparat soll dazu dienen, in einem nahezu im Meridian aufgestellten, mit einem Fadennetz nicht versehenen Fernrohr die Ebene des Meridians zu bezeichnen. Er besteht aus einem Kollimator, dessen Achse sich in der Meridianebene befindet, und einem senkrecht dazu befindlichen, horizontal liegenden, zylindrischen Spiegel von wenigen Zentimeter Durchmesser. Dieser Spiegel reflektirt die aus dem Kollimator kommenden, von einer hinter diesem stehenden Lichtquelle ausgehenden Strahlen nach allen Richtungen innerhalb der Meridianebene.

Es werden daher auch Strahlen in das zur Sternbeobachtung dienende Fernrohr gelangen, selbst wenn dieses gegen den Horizont geneigt ist, und in der Brennebene eine dem Meridian entsprechende helle, feine Linie erzeugen. Bei visueller Beobachtung hat man den Abstand des Sternes von diesem Strich zu messen und findet so, wenn die Korrektion der bei der Beobachtung benutzten Uhr bekannt ist, die Rektaszension des Sternes oder, falls diese bekannt, den Stand der Uhr. Besonders gute Dienste würde nach Ansicht des Verf. der Apparat bei photographischer Aufnahme der Sterne leisten. Das Fernrohr muss in diesem Fall parallaktisch montirt sein und durch ein Uhrwerk auf die zu photographirende Stelle des Himmels eingestellt bleiben. Durch eine automatisch wirkende Einrichtung wird während eines geringen Bruchtheiles jeder Sekunde den vom zylindrischen Spiegel kommenden Strahlen der Eintritt in das Objektiv gestattet, wodurch in der Brennebene die Lage des Meridians von Sekunde zu Sekunde markirt wird. Jedes Sternscheibchen lässt dann aus seiner Stellung zwischen zwei solchen Strichen eine Bestimmung des Uhrstandes zu.

Die Justirung des Apparates geschieht so, dass man zunächst den Kollimator senkrecht zu dem zylindrischen Spiegel stellt, wobei man sich am besten der Methode der Autokollimation bedient. Die kleine Oeffnung in der Brennebene des Kollimators muss zu dem Zweck durch eine Schraube verstellt werden können; der Spiegel braucht nicht genau kreisrund zu sein, es genügt, wenn die erzeugende Gerade des Zylinders stets parallel der Achse geblieben ist. Sodann ist die Ebene der reflektirten Lichtstrahlen vertikal zu stellen, was mit Hülfe eines auf den Spiegel gestellten Niveaus geschieht. Endlich ist die vertikale Strahlenebene noch in den Meridian zu bringen, wozu mehrere dem Astronomen geläufige Methoden dienen können. Am einfachsten wird man zu dem Zweck nach einer richtig gehenden Uhr Meridiandurchgänge von Sternen beobachten. Die vom Verf. angegebene Methode, aus der von 12 Stunden abweichenden Zeitdifferenz zwischen den Durchgängen eines polnahen Sternes durch jene Vertikalebene in oberer und unterer Kulmination die Azimuthkorrektion zu bestimmen, setzt zwar die Kenntniss des Uhrstandes nicht voraus, wird aber wegen ihrer sonstigen Mängel kaum je angewandt.

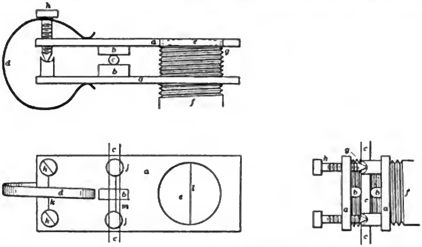
Verf. erwähnt nicht, dass das Fernrohr bei der Beobachtung von Sternen in verschiedenen Höhen seinen Standort immer ändern müsste und dass überdies durch den zylindrischen Spiegel ein Theil der Strahlen des Sternes abgeblendet würde. Hieran müsste aber nach Ansicht des Ref. der Vorschlag des Verf. vollständig scheitern. *Kn.*

Bestimmung der Poisson'schen Zahl mit Hülfe eines Interferenzapparates.

Von J. R. Benton. *Phys. Rev.* **12.** *S. 36. 1901.*

Die Poisson'sche (Elastizitäts-) Zahl wurde für eine Reihe von Metallen und Legirungen bestimmt, indem direkt die zusammengehörige Längsausdehnung und Querkontraktion von Drähten aus dem betreffenden Material beobachtet wurde. Schon Stromeyer und Kennedy (*Proc. Roy. Soc.* **55.** *S. 373. 1894*) hatten für die Messung der Querkontraktion eine Interferenzmethode angewandt, doch arbeiteten sie mit dicken Metallstäben, welche in einer Prüfungsmaschine gestreckt wurden, während die Einrichtung des Verf. für solche Fälle bestimmt ist,

wo so grosse Kräfte nicht angebracht sind. Der vertikal hängende Draht *c* (vgl. die Figur) wird von zwei abgerundeten Stahlbacken *bb* gefasst, welche an die durch die Feder *d* zusammengepressten Messingplatten *aa* angelöthet sind. In der einen Platte sitzt eine schwach gekrümmte Linse *e*, während in der andern sich ein Rohrstück *f* schrauben lässt, um den Abstand der rückseitig geschwärzten Glasplatte *g* von der Linse justiren zu können. Durch die Justirschrauben *hh* wird die Glasplatte senkrecht zur optischen Achse der Linse gestellt;



das dann auftretende System der Newton'schen Ringe ändert sich in Folge der Querkontraktion des Drahtes. Um letztere Grösse zu berechnen, muss man noch den Abstand des Zentrums der Newton'schen Ringe von dem Draht und von der Drehungsachse kennen, welche durch die Spitzen der Schrauben *hh* bestimmt ist. Um die kleinen Unterschiede dieser Abstände bei den Versuchen bequem beobachten zu können, waren die Linien *k*, *m* und *l* in die Messingplatte eingerissen und ihre Abstände ein für alle Mal genau bestimmt.

A. K.

Ueber optische Erscheinungen am Turmalin von Elba und am Quarz.

Von C. Viola. *Zeitschr. f. Krystallogr. u. Miner.* **32.** *S. 550 u. 557. 1900.*

Der Verf. hat beim Quarz und bei einigen Turmalinvarietäten Abweichungen vom Fresnel'schen Gesetz der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichts in Krystallen beobachtet. Er fand, dass die Strahlenfläche aus zwei Rotationsellipsoiden besteht, durch deren Berührungspunkte die optische Achse geht. Er sucht dies auf Grund der elektromagnetischen Lichttheorie zu erklären, indem er für die hauptmagnetischen Konstanten verschiedene Werthe annimmt. Das Verhältniss derselben findet er beim Quarz gleich 1,0002, beim gelben Turmalin 1,0013, beim farblosen Turmalin 1,0026 und beim grünen Turmalin 1/1,0030. Die Abweichung beim Turmalin ist somit auffallender und leichter festzustellen. *A. K.*

Ueber astigmatische Linsen.

Von R. J. Sowter. *Phil. Mag.* **1.** *S. 239. 1901.*

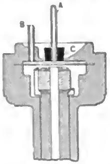
Der Verf. beschäftigt sich zunächst mit ellipsoidischen Linsen. Die Stärke solcher Linsen für verschiedene Meridianschnitte lässt sich durch eine der Kurven graphisch darstellen, welche die Stellen gleicher Dicke auf der Linse verbinden, mithin durch eine Ellipse, und zwar ist die Stärke dem Quadrat des Radiusvektors vom Mittelpunkt dieser Kurve umgekehrt proportional. Ein Spezialfall der elliptischen Linse sind die sphärische und die zylindrische Linse. Es wird weiter gezeigt, dass man in dieser Weise die Kombinationen senkrecht und schief gekreuzter Zylinderlinsen behandeln kann; die Wirkung auf den Strahlengang ist die gleiche wie die von ellipsoidischen und sphärozylindrischen Linsen.

A. K.

Anwendung der Manometerflamme beim Telephon.

Von L. W. Austin. *Phys. Rev.* **12.** *S. 121. 1901.*

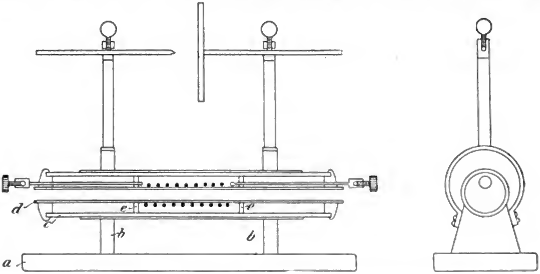
Um die Bewegungen einer Telephonplatte durch eine Manometerflamme sichtbar zu machen, setzt Austin in die Telephonkappe einen Gummipfropfen ein, der ein oben verengtes Rohr *A* trägt. Seitlich wird in ein durch die Kappe gebohrtes Loch ein zweites Rohr *B* von gleicher Weite eingesetzt, das ebenfalls oben etwas verengt ist. Das Rohr *B* dient als Zuleitung für das Gas; an der Spitze von *A* wird die Manometerflamme angezündet, die in gewöhnlicher Weise in einem rotirenden Spiegel betrachtet wird. Bei Beobachtung mit blossem Auge wurde Leuchtgas verwandt; sollte die Flamme photographirt werden, so wurde Azetylen gewählt. Für jeden einzelnen Fall muss man sich die wirksamste Flammenhöhe ausprobiren. Steigert man bei einer einmal gewählten Flammenhöhe den Telephonstrom, so wachsen die Bildhöhen zunächst ziemlich genau proportional dem Telephonstrom, bei einer bestimmten Stromstärke wird aber das Bild diskontinuirlich, und die Flamme selbst lässt einen summenden Laut hören. *E. O.*



Tesla-Transformator ohne Oelisolation.

Von A. W. Kapp. *Zeitschr. f. d. phys. u. chem. Unterr.* **13.** *S. 278. 1900.*

Zwei Lagerböcke *b*, die auf einer Marmorplatte *a* sitzen, haben oben kreisförmige Ausschnitte, auf denen eine Hartgummiröhre *c* von 50 *cm* Länge und 7 *cm* Durchmesser ruht. Auf die Glasröhre *d*, die durch zwei die Röhre *c* verschliessende Holzdeckel hindurchgeht, ist die Primärspule, die aus 10 Windungen eines 4 *mm* starken Kupferdrahts besteht, aufgewickelt. Der mittlere Theil von *c*, in dem die Primärspule sitzt, ist durch zwei Korkscheiben *e* abgegrenzt und mit einer Isolirmasse (Mischung von Paraffin und weichem Wachs)



ausgefüllt. Die Zuleitungen, die durch die Holzdeckel und Korkscheiben gehen, sind in Glasröhrchen eingeschlossen, die ebenfalls mit der Isolirmasse gefüllt sind. Die Sekundärspule besteht aus 200 Windungen eines 0,8 *mm* starken besponnenen Kupferdrahtes, der in eine in das Rohr *c* eingedrehte Nuth gewickelt ist. Spiralen aus dünnem Kupferdraht laufen von den zu kleinen Oesen umgebogenen Enden der Sekundärspule zu den auf Hartgummisäulen ruhenden Polklemmen. Diese Säulen sitzen auf starken, an den Lagerböcken befestigten Messingbügeln. Einen noch einfacheren Hochspannungstransformator, den man bequem selbst anfertigen kann, hat E. Grimsehl *a. a. O.* **13.** *S. 92. 1900* beschrieben.

H. H.-M.

Kurbelrheostaten für Messzwecke.

Von R. Franke. *Elektrotechn. Zeitschr.* **22.** *S. 275. 1901.*

Bei den neuen Kurbelrheostaten von Franke sind zwei Kupferfedern *F* (Fig. 1) metallisch fest miteinander verbunden und können mittels des Knopfes *K* aus Hartgummi von der Achse aus gedreht werden. Die obere Kupferfeder schleift auf einer kräftigen Messingplatte, die von drei Säulen getragen wird; eine von den letzteren (*D*) dient als Stromzuleitung. Die untere Feder schleift auf den Kontaktklötzen *A*, die zu den Widerständen führen. Der Vortheil der Anordnung besteht darin, dass die Drehungsachse weder auf Zug, noch auf Druck, noch auf Biegung beansprucht wird und dass der Federdruck und somit der Uebergangswiderstand stets derselbe bleibt. Die Uebergangswiderstände betragen etwa 0,0005 Ohm. Fig. 2 zeigt eine Gesammtansicht des Apparates.

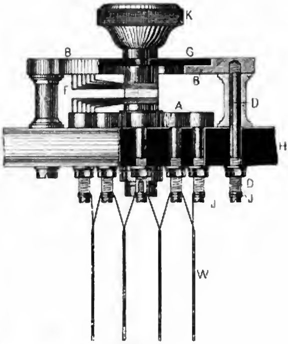


Fig. 1.

Bei einer einfacheren Art der Ausführung wird die obere Platte nur durch eine mittlere Säule getragen, um die herum mittels einer seitlichen Kurbel die Kontaktfedern gedreht werden können. Der Uebergangswiderstand wächst in diesem Falle bis auf 0,003 Ohm. *E. O.*


Fig. 2.

Neu erschienene Bücher.

N. Jadanza, *Tavole tacheometriche sessagesimali.* Torino 1900. 4 fr.

Ein Engländer hat kürzlich behauptet, die geringe Verbreitung der Tachymetrie in England u. s. f. erkläre sich daraus, dass die Tachymeter-Instrumente fast stets mit der 100^g-Theilung eingerichtet werden, die in England nun einmal „*unusual*“ sei; und auch

Prof. Jadanza beginnt das Vorwort der vorliegenden Tachymetertafeln mit der Bemerkung: die Schuld dafür, dass in Italien noch nicht alle Ingenieure sich dieser Methode bedienen, tragen ohne Zweifel zwei Vorurtheile, einmal dass die Anwendung *spezieller* Instrumente nothwendig sei und sodann dass die Zentesimaltheilung *wesentlich* sei.

Die Tafel giebt nun für alte Winkeltheilung und zwar für Höhenwinkel α bis zu $\pm 30°$ (Zenithdistanzen zwischen 60° und 120°) mit dem Intervall 1' die Werthe von

$$\left.\begin{array}{r} g \cdot \cos^2 \alpha \\ \text{und von} \quad g \cdot \frac{1}{2} \sin 2\alpha \end{array}\right\} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 1)$$

für die Zahlen $g = 1, 2, 3, 4$ mit 5 Dezimalstellen, für die Zahlen 5, 6, 7, 8, 9 mit 4 Dezimalstellen. Da die *Hauptanordnung* der Tafel, wie damit schon angedeutet, die nach dem *Winke* ist, so hat man für ein beliebig gegebenes D, um die Beträge

$$\left.\begin{array}{r} e = D \cdot \cos^2 \alpha \\ \text{und} \quad h = D \cdot \sin \alpha \cos \alpha \end{array}\right\} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 2)$$

auszurechnen, aus der Tafel für die einzelnen Ziffern von D *zusammenzusetzen*, und, da die Tafel bis zu 500 ausreichen soll, sind eben von 1 bis 4 die Zahlen fünfstellig, von dort bis 9 vierstellig gegeben; es soll überall das *cm*, sowohl in der Horizontaldistanz als im Höhenunterschied, bis zu der angegebenen Grenze der Entfernung und bis zu $\alpha = \pm 30°$, mit der Tafel richtig erhalten werden. Es ist aber daran zu erinnern, dass schon bei 250 *m* Entfernung (etwa dem Beispiel *S. IV* entsprechend) der Einfluss von Erdkrümmung und Refraktion auf den Höhenunterschied 5 *mm* ist und dass dieser Betrag bei 500 *m* Entfernung auf 2 *cm* wächst, sodass die Versicherung *S. III* unten „*esse garantiscono il centimetro*“ bei 400 *m* bis 500 *m* Entfernung nicht mehr ganz zutrifft.

Wie gewöhnlich soll die Tafel ausser der Rechnung nach 2) auch noch der Rechnung der rechtwinkligen Horizontalkoordinaten x und y nach

$$\left.\begin{array}{r} x = e \cos A \\ y = e \sin A \end{array}\right\} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 3)$$

dienen; in der That kann man mit Hülfe einer Tachymetertafel dieser Art die Werthe von x und y ausrechnen nach

$$\left.\begin{array}{r} x = 2e \cdot \cos^2 \frac{A}{2} - e \\ \text{und} \quad y = 2e \cdot \sin \frac{A}{2} \cos \frac{A}{2} \end{array}\right\} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 4)$$

sodass sie also mit den Argumenten $2e$ und $A/2$ zu benutzen ist. Dabei ist aber noch vorausgesetzt, dass man $A/2$ auf den Raum der in der Tafel enthaltenen Winkel bringen kann; man kann aber allerdings in 3) durch geeignete Umformung A innerhalb 45°, also $A/2$ innerhalb $22\frac{1}{2}°$ halten. Als einen wirklichen Ersatz einer „*Traverse Table*“ wird man aber die Tachymetertafel dieser Art doch nur im Nothfall ansehen.

Die Tafel ist übrigens in ihrer Art — der Nachtheil der Tafel als *Tachymetertafel* gegen die Jordan'sche Hauptanordnung nach den *Entfernungen* ist die Hauptanordnung nach dem Höhenwinkel, die sie mit fast allen Tachymetertafeln gemein hat — recht gut eingerichtet und nach gemachten Proben auch genügend korrekt. Die Einleitung liefert auch Notizen über die Rektifikation des Tachymetertheodolits und über die Formeln der Tachymetrie.

Hammer.

R. Etzold, Zeitbestimmung mittels des Passage-Instrumentes. gr. 8°. II, 95 S. m. 37 Abbildgn. Leipzig, W. Diebener 1901. 2,00 M.

J. Zacharias, Elektrische Verbrauchsmesser der Neuzeit, f. den prakt. Gebrauch dargestellt Mit 194 Abbildgn. im Text u. zahlreichen Tab. gr. 8°. XII, 351 S. Halle, W. Knapp 1901. 15,00 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXI. Jahrgang. **Juni 1901.** Sechstes Heft.

Die Anwendung einer Skale bei mehrprismigen Spektralapparaten mit automatischer Einstellung.

Von

Dr. **Hugo Krüss** in Hamburg.

Die einfachen Spektralapparate mit einem oder auch mehreren feststehenden Prismen pflegen mit einer meistens auf photographischem Wege hergestellten Skale versehen zu sein, welche sich in der Brennpunktsebene eines Fernrohrobjektivs befindet, und deren Bild durch Reflexion an der letzten Fläche des oder der Prismen im Gesichtsfelde des Beobachtungsfernrohres zu Stande kommt und hier ein bequemes Orientirungsmittel für die Erscheinungen im Spektrum bildet.

Es erscheint zunächst als eine einfache Forderung, auch bei Spektralapparaten mit einer grösseren Zahl von Prismen, welche automatisch auf das Minimum der Ablenkung für den jeweils in der Mitte des Gesichtsfeldes befindlichen Strahl eingestellt werden, eine derartige Skale anzubringen.

Sobald man sich aber etwas mit dieser Forderung beschäftigt, erkennt man, dass ihrer Erfüllung eine Anzahl mehr oder weniger schwierig zu überwindender Hindernisse optischer und mechanischer Art in den Weg treten, und in der That ist mir keine Konstruktion eines Spektralapparates mit automatischer Einstellung von mehr als einem Prisma bekannt, bei welcher eine derartige Skale angebracht wurde; man hat offenbar wegen der angedeuteten Schwierigkeiten auf dieses einfache vorläufige Orientirungsmittel verzichtet und sich auf die, wenn auch genaueren, so doch bei weitem unbequemeren Ablesungen an einer Kreistheilung beschränkt.

Als Nothbehelf habe ich vor einiger Zeit bei einem automatischen Spektralapparat, welcher zum Photographiren des Spektrums diente und wobei das Mitphotographiren einer Skale ausserordentlich nützlich gewesen wäre, in die photographische Kassette in Kontakt mit der lichtempfindlichen Platte eine Glasplatte mit darauf befindlicher, aus schwarzen Strichen bestehender Theilung gelegt. Diese Skale wird natürlich nur an denjenigen Stellen der Platte abgebildet, auf welche überhaupt Licht fällt, und da hiervon häufig nur ein schmaler Bezirk betroffen wird, bedarf man zur sicheren Orientirung einer zweiten mit der ersten vollständig übereinstimmenden Glastheilung; man legt diese auf die gewonnene Photographie und bestimmt so, welche Striche der Skale mit abgebildet wurden.

Bedenkt man, dass die photographische Platte natürlich solche Dimensionen hat, dass sie die ganze Länge des Spektrums abbildet und dass die vor der photographischen Platte liegende Glastheilung dieselbe Grösse hat, so erhellt sofort, dass diese Methode nicht auf die Okularbeobachtung übertragen werden kann. Eine in der Gesichtsfeldebene des Beobachtungsfernrohres angebrachte Glastheilung würde

den beabsichtigten Zweck nicht erfüllen, weil die Länge des Spektrums bei diesen Apparaten viel grösser ist als die Gesichtsfeldöffnung, sie beträgt zuweilen das Zehnfache und mehr; das Fernrohr muss also, um von dem einen zum anderen Ende des Spektrums zu gelangen, um einen beträchtlichen Winkel gedreht werden, eine mit ihm festverbundene Skale in seinem Gesichtsfelde würde also nicht zu dem gewünschten Ziele führen.

Die erste Bedingung, welche aufzustellen ist, und welche auch bei der üblichen Art der gewöhnlichen Spektralapparate mit photographischer Skale erfüllt wird, ist also die, dass die Skale unabhängig von der Fernrohrbewegung feststeht, dass ein Bild der Skale im Gesichtsfelde des Fernrohres erscheint und das Fernrohr sich über dieses Bild hinweg bewegt.

Aus dem Vorhergehenden folgt weiter als selbstverständlich, dass die Skale eine solche Länge haben muss, dass ihr Bild mindestens so lang wie das Spektrum, besser noch etwas länger ist, d. h. dass sie unter einem etwas grösseren Winkel erscheint als die Dispersion der Prismenkette.

Nun beträgt aber die Dispersion von sechs Flintglasprismen mit brechenden Winkeln von 60 Grad etwa 30 Grad, diejenige von sechs dreifachen Rutherfurd-Prismen etwa 50 Grad. Ein so grosses Gesichtsfeld bildet ein einfaches Fernrohrobjektiv, wie es sonst bei Skalenrohren benutzt wird, nicht scharf in einer Ebene ab, also muss man sich für den vorliegenden Zweck eines guten photographischen Objektivs, welches das verlangte Gesichtsfeld hat, bedienen.

An die Thatsache des verhältnissmässig grossen Gesichtsfeldes, unter welchem die Skale erscheint, schliesst sich die Erwägung, dass das Skalenrohr nicht wie sonst üblich unmittelbar vor der letzten Fläche der Prismenkette angebracht werden kann. Es ist nämlich erforderlich, dass der Mittelpunkt des Skalenrohrobjektivs (oder dessen Spiegelbild) in derjenigen Achse liege, um welche sich das Fernrohr dreht. Ist dieses nicht der Fall oder wenigstens nicht annähernd erreicht, so wird das Fernrohr, nur wenn seine optische Achse in der Verlängerung der Achse des Skalenrohres sich befindet, also in seiner mittleren Stellung, ein Bild der Skale erhalten; in seitlichen Stellungen des Beobachtungsrohres wird sein Objektiv gar nicht von solchen Strahlen getroffen werden können, welche aus dem Skalenrohrobjektiv austreten.

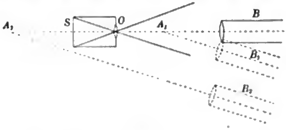


Fig. 1.

Fig. 1 veranschaulicht die hier in Betracht kommenden Verhältnisse in schematischer Weise. S ist die Skale, O das Objektiv des Skalenrohres, B das Beobachtungsfernrohr, welches sich um den Mittelpunkt von O dreht, sodass seine optische Achse in jeglicher Stellung auf den Mittelpunkt des Skalenrohrobjektives gerichtet ist. Die punktirten Stellungen B_1 und B_2 des Beobachtungsfernrohres deuten die Fälle an, in welchen seine Drehungsachse ausserhalb des Skalenrohrobjektives liegt (in A_1 oder A_2). Die Wirkung dieser Anordnung ist leicht ersichtlich.

Bei einem einfachen Spektralapparat mit einem Prisma ist die zuletzt aufgestellte Bedingung von selbst nahezu erreicht, indem das Spiegelbild des Mittelpunktes des Skalenrohrobjektives, erzeugt durch die zweite Prismenfläche, nicht viel ausserhalb der Drehungsachse des Beobachtungsfernrohres zu liegen pflegt.

Aber noch aus einem anderen Grunde kann das Skalenrohr nicht in fester

Stellung vor der letzten Prismenfläche angebracht und diese Fläche als Spiegel benutzt werden.

In Fig. 2 ist eine Kette von sechs Prismen von je 60 Grad brechendem Winkel in zwei Stellungen gezeichnet, in deren einer das äusserste Violett im Minimum der Ablenkung durch die Prismen geht, in deren anderer, punktirt gezeichneten, dasselbe für das äusserste Roth der Fall ist. Das letzte Prisma macht ersichtlich von der einen in die andere Stellung einen derart beträchtlichen Weg, dass die aus einem für die erste Stellung der Prismenkette richtig aufgestellten (d. h. mit seiner optischen Achse auf die Mitte der letzten Prismenfläche gerichteten) Skalenrohr kommenden Strahlen bei der Einstellung der Prismenkette auf das Minimum der Ablenkung für das entgegengesetzte Ende des Spektrums die letzte Prismenfläche überhaupt nicht mehr treffen würden.

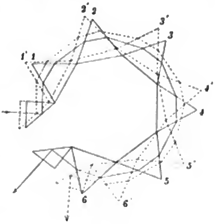


Fig. 2.

In Folge dessen drängt sich die Frage auf, ob man das Skalenrohr mit dem Mechanismus der Prismenstellung verbinden und es dadurch bei Bewegung der Prismen stets auf die letzte Prismenfläche gerichtet mitführen könnte.

Da das Ende der Prismenkette mit dem Beobachtungsfernrohr in irgend einer Weise verbunden ist, derart, dass die Prismen geradezu durch die Bewegung des Fernrohrs um seine Drehungsachse mitgeführt und eingestellt werden, so würde durch Ausführung des letzten Gedankens die Skale fest mit dem Fernrohr verbunden werden, anstatt, wie bisher stets angenommen, fest und unabhängig vom Fernrohr aufgestellt zu sein. Würde unter Voraussetzung dieser festen Verbindung der beiden Theile durch ebenfalls damit verbundene Spiegel ein Bild der Skale in die Gesichtsfeldebene des Fernrohrs gebracht werden, so würde in jeglicher Stellung des Fernrohres derselbe Skalenstrich mit dem Fadenkreuz des Fernrohres zusammenfallen. Das will man ja aber nicht erreichen, sondern vielmehr etwas Anderes: es soll nämlich jede Stelle des Spektrums oder — zur Veranschaulichung des Bildes — jede Fraunhofer'sche Linie mit einem bestimmten Skalentheil zusammenfallen, sodass die verschiedenen Stellen des Spektrums verschiedenen, aber immer denselben Skalentheilen entsprechen; nur so ist eine Benutzung des Skalenbildes zur Orientirung und zur Messung im Spektrum möglich. Oder anders ausgedrückt: denkt man sich das Spektrum einen bestimmten Winkel im Raume einnehmend, so muss das Bild der Skale in denselben Winkelraum fallen, ihn ausfüllen und unverrückbar gegen das Spektrum sein. Das ist der Fall bei dem einfachen Spektralapparat mit einem Prisma. Die Skale steht fest, ebenso das Prisma, das Spiegelbild der Skale an der letzten Prismenfläche steht also auch fest, und nur das Fernrohr ist beweglich über den aufeinander projizirten Bildern des Spektrums und der Skale.

Um in unserem Falle die ausführlich geschilderte Bedingung zu erfüllen, müsste die als Spiegel zu benutzende letzte Fläche der Prismenkette offenbar stets dieselbe Winkelbewegung machen wie das Beobachtungsfernrohr, dann würde die Winkelbewegung des gespiegelten Strahles gleich derjenigen des Fernrohres werden oder, da bei fest mit Fernrohr und Skalenrohr verbundenem Spiegel, wie schon ausgeführt, stets derselbe Strich der Skale in der Mitte des Gesichtsfeldes erscheinen würde, wird dieser Strich bei der geforderten Drehung der Spiegelfläche genau um die Be-

wegung des Fernrohres nach der entgegengesetzten Seite vorrücken, also das Spiegelbild im Raume feststehen, was ja erreicht werden soll.

Leider macht aber die letzte Prismenfläche die nothwendige Drehung nicht, wie folgende Ueberlegung zeigt[1]).

Wenn ein Strahl im Minimum der Ablenkung durch ein Prisma von 60 Grad brechendem Winkel geht, so verläuft er im Prisma parallel der Grundfläche, es sind also Einfallswinkel und Austrittswinkel einander gleich. Geht man von einem Strahl, dessen Brechungsindex n ist, zu einem anderen mit dem Brechungsindex $n + dn$ über, so muss, damit auch dieser Strahl das Prisma im Minimum der Ablenkung durchdringe, Einfalls- und Austrittswinkel, welche bisher die Grösse φ hatten, nunmehr gleich $\varphi + d\varphi$ werden. Dieses muss bei mehreren Prismen, die hinter einander geschaltet sind, für jedes einzelne erfüllt werden.

Es muss also bei dem Uebergange von dem Strahl mit dem Brechungsindex n zu demjenigen mit dem Brechungsindex $n + dn$ das erste Prisma um den Winkel $d\varphi$, das 2-te, 3-te ... p-te um den Winkel $3\,d\varphi$, $5\,d\varphi$ ... $(2p - 1)\,d\varphi$ gedreht werden.

Der Winkel zwischen den beiden aus den Prismen austretenden Strahlen (n und $n + dn$), also derjenige Winkel, um welchen das Beobachtungsfernrohr gedreht werden muss, um von dem einen zu dem anderen Strahl zu gelangen, ist in Folge dessen bei Anwendung von 1, 2 ... p Prismen gleich $2\,d\varphi$, $4\,d\varphi$ ... $2p \cdot d\varphi$.

Die Bedingung, dass die letzte Prismenfläche, welche als Spiegel für die Skale benutzt werden soll, sich um die Hälfte des Winkels dreht, welchen das Beobachtungsfernrohr macht, ist also nur bei Anwendung eines einzigen Prismas erfüllt. Bei einem Spektralapparat mit einem Prisma, welches automatisch auf das Minimum der Ablenkung eingestellt wird, kann man also eine Skale in gewöhnlicher Weise benutzen, wenn man das Skalenrohr, anstatt es an dem Stativ des Apparates zu befestigen, mit dem beweglichen Fernrohr verbindet. Sobald man aber mehr als ein Prisma anwendet, ist die Drehung der letzteren Prismenfläche viel grösser als zur Erfüllung unserer Bedingung erforderlich ist.

Man ist somit zur Erreichung des Zweckes genöthigt, eine besondere spiegelnde Fläche anzuwenden, indem man etwa zwischen dem letzten Prisma und dem Beobachtungsfernrohr eine planparallele Glasplatte anbringt, durch welche die Strahlen des Spektrums hindurchgehen, während es die Strahlen aus dem Skalenrohr reflektirt. Diesem planparallelen Glase müsste dann durch besondere Uebertragungen eine Drehungsbewegung ertheilt werden, welche gleich der halben Winkelbewegung des Fernrohres ist.

Hierbei treten mechanische Schwierigkeiten auf. Es ist, wenn auch nicht unmöglich, so doch schwierig, die Bewegungsübertragung gut arbeitend herzustellen, es würden die schon reichlich vorhandenen Quellen des todten Ganges noch um einige vermehrt. Ausserdem müsste aber das Skalenrohr, damit das Spiegelbild seines Objektivmittelpunkts in der Entfernung der Drehungsachse des Fernrohrs liege, beträchtlich weit vom Mittelpunkte des Apparates entfernt werden, wodurch die Schönheit der Anordnung des Apparates erheblich leiden würde.

Besonders der letztere Umstand hat mich veranlasst, von der bisher erwogenen Anbringung der Skale ganz abzusehen und anstatt dessen das Skalenrohr in der Mitte des Apparates aufzustellen. Diese Anordnung zeigt Fig. 3, welcher ein Apparat

[1]) Vgl. H. Krüss, Ueber Spektralapparate mit automatischer Einstellung. *Diese Zeitschr.* *5. S. 233. 1885.*

zu Grunde liegt, wie er in seinen anderen Theilen bereits früher von mir beschrieben wurde[1]).

Das Skalenrohr S ist natürlich verhältnissmässig kurz und dick, da der Winkel, unter welchem die Skale erscheinen muss, etwa 50 Grad beträgt. Das Rohr ist in der Mitte des Apparates über der Achse für die Drehung des Fernrohres fest aufgestellt und zwar so, dass der Mittelpunkt seines Objektivs in der Verlängerung dieser Achse sich befindet und die optische Achse des Skalenrohres in dieselbe Richtung fällt wie die optische Achse des Fernrohres in seiner mittleren Stellung. Wegen der dem Apparate eigenthümlichen Anordnung der die Prismen einstellenden Vorrichtungen muss das

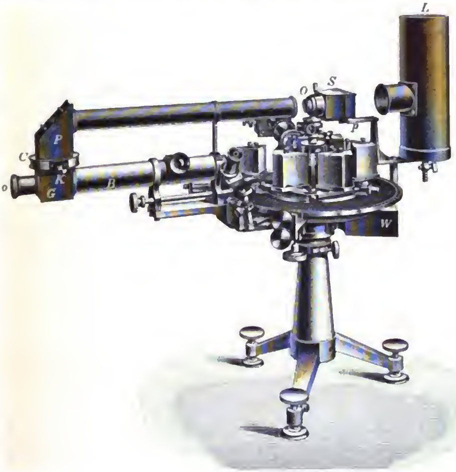


Fig. 3.

Skalenrohr höher stehen als das Beobachtungsfernrohr B, es ist dieses auch schon aus dem anderen Grunde erforderlich, dass die aus dem Skalenrohr kommenden Strahlen nicht durch die Prismen aufgefangen und dadurch abgeblendet werden. In Folge dessen ist es erforderlich, das Bild der Skale durch zweimalige Reflexion in die Höhe der optischen Achse des Fernrohres zu bringen. Ueber diese Spiegeleinrichtung wird noch zu reden sein; zunächst tritt eine andere Ueberlegung in den Vordergrund.

Bei der getroffenen Anordnung ist die Bedingung erfüllt, dass das Skalenbild denselben Winkelraum einnimmt, wie das Spektrum. In Wirklichkeit kann man beide als ruhend annehmen, da nur das Beobachtungsfernrohr beweglich ist. Man kann aber ebenso gut von einer scheinbaren Bewegung der beiden Erscheinungen im Gesichtsfelde des Fernrohres reden, und in Bezug auf diese ist bisher als selbst-

[1]) *Diese Zeitschr.* **10.** *S. 97. 1890.*

verständlich angenommen worden, dass bei Bewegung des Fernrohres über die beiden Erscheinungen die scheinbare Bewegung beider in der gleichen Richtung erfolgt, denn sonst wird nie und nimmer einer bestimmten Stelle des Spektrums ein bestimmter Skalenstrich in allen Stellungen des Fernrohres entsprechen. Diese selbstverständliche Bedingung muss aber unter allen Umständen erfüllt werden, sie war es bei meinem Apparat in seiner ursprünglichen Anordnung nicht.

Das Bild der feststehenden Skale *S* (Fig. 4) bleibt unter allen Umständen ebenfalls unbeweglich im Raume, seine scheinbare Bewegung im Gesichtsfelde des Fernrohres *B* ist also entgegengesetzt der Bewegung des Fernrohres. Das die Prismenkette verlassende Strahlenbündel wird durch ein Reflexionsprisma *R* um 90 Grad abgelenkt. Es sind in Fig. 4 zwei Strahlen gezeichnet, ein Strahl *g*, welcher durch die Mitte des Objektives geht, für welchen also die Prismen auf dem Minimum der Ablenkung stehen, und ein brechbarerer *v*. Wird nun das Fernrohr im Sinne des Uhrzeigers gedreht, so folgen die Prismen und werden dadurch, wie durch Zuhülfenahme von Fig. 2 leicht ersichtlich ist, für einen Strahl von stärkerer Brechbarkeit in das Minimum der Ablenkung gebracht. Durch Drehung des Fernrohres *B* im Sinne des Uhrzeigers rückt also allmählich der brechbarere Strahl *v* in die Mitte des Gesichtsfeldes, das Spektrum bewegt sich demgemäss in demselben Sinne wie das Fernrohr, also entgegengesetzt wie das Skalenbild.

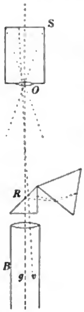


Fig. 4.

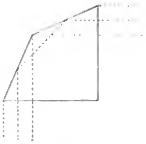

Fig. 5.


Fig. 6.

Diesem Uebelstande muss abgeholfen werden. Es kann das am einfachsten geschehen, wenn die aus der Prismenkette austretenden Strahlen nicht durch einmalige, sondern durch zweimalige Reflexion um 90 Grad abgelenkt werden, dadurch wird das Spektrum und seine scheinbare Bewegung umgekehrt, also letztere in Uebereinstimmung gebracht mit der scheinbaren Bewegung des Skalenbildes.

Eine solche zweimalige Reflexion bei einer Ablenkung von 90 Grad wird geleistet von einem Prisma mit einer Fläche und den Winkeln 90, $67^1/_2$, 135, $67^1/_2$ Grad, wie es in der *Camera lucida* gebraucht wird (Fig. 5). Ich wählte diese Form nicht, weil bei Benutzung derselben das Fernrohr zu weit seitwärts hätte gerückt werden müssen, was mechanische Schwierigkeiten im Gefolge gehabt hätte. Deshalb wandte ich lieber das gewöhnliche dreiseitige rechtwinklige Reflexionsprisma an in der in Fig. 6 skizzirten Stellung; der Strahlengang ist hier derselbe, wie in den zum Abstecken rechter Winkel benutzten Winkelprismen; die Hypotenusenfläche muss natürlich versilbert sein. Hierbei bleibt das Beobachtungsfernrohr an derselben Stelle wie bei der ursprünglichen Konstruktion des Apparates.

Nachdem so alle entgegenstehenden Schwierigkeiten überwunden sind, scheint der Zweck erreicht zu sein. Er ist es auch, aber leider nur unvollkommen. Es

bleibt noch ein Umstand bestehen, welchen ich, da er der tückischste ist, mir bis zum Schlusse aufgespart habe.

Das Zusammenfallen einer bestimmten Stelle des Spektrums mit einem bestimmten Skalenstrich findet immer nur in der Mitte des Gesichtsfeldes statt, nämlich nur, wenn die Prismenkette für den einer Spektralstelle entsprechenden Strahl in dem Minimum der Ablenkung steht. Denn bei Bewegung des Fernrohres nach der einen oder anderen Seite, bei Drehung der Prismen in dem einen oder im entgegengesetzten Sinne aus der Minimalablenkung heraus erleidet der betreffende Strahl nicht mehr die Minimalablenkung, sondern eine grössere, sein Bild fängt an, sich auf der Skale zu bewegen.

Um von diesem Vorgange ein ziffernmässiges Bild zu gewinnen, habe ich für ein Prisma von 60 Grad brechendem Winkel aus der Glasart, welcher meinen früheren Berechnungen[1]) zu Grunde lag, das Verhalten eines Strahles vom Brechungsindex der Fraunhofer'schen Linie D ($n = 1{,}650374$) und eines Strahles vom Brechungsindex der Linie H ($n = 1{,}688\,590$) berechnet. Dabei ergab sich Folgendes.

Für Linie *D*.

Drehung des Fernrohres aus der Minimalstellung	Auffallswinkel	Austrittswinkel	Ablenkung	Abweichung vom Minimum
— 2°	54° 36′ 25″	56° 37′ 44,2″	51° 14′ 9,2″	+ 1′ 19,2″
— 1° 30′	54 51 25	56 22 8,8	51 13 33,8	+ 0 43,8
— 1°	55 6 25	56 6 44,5	51 13 9,5	+ 0 19,5
— 0° 30′	55 21 25	55 51 29,9	51 12 54,9	+ 0 4,9
0°	55 36 25	55 36 25,0	51 12 50	0
+ 0° 30′	55 51 25	55 21 29,9	51 12 54,9	+ 0 4,9
+ 1°	56 6 25	55 6 44,3	51 13 9,3	+ 0 19,3
+ 1° 30′	56 21 25	54 52 8,0	51 13 33,0	+ 0 43,0
+ 2°	56 36 25	54 37 40,9	51 14 5,9	+ 1 15,9

Für Linie *H*.

Drehung des Fernrohres aus der Minimalstellung	Auffallswinkel	Austrittswinkel	Ablenkung	Abweichung vom Minimum
— 2°	56° 21′ 25″	58° 22′ 51,8″	54° 44′ 16,8″	+ 1′ 26,8″
— 1° 30′	56 36 25	58 7 13,4	54 43 38,4	+ 0 48,4
— 1°	56 51 25	57 51 46,4	54 43 11,4	+ 0 21,4
— 0° 30′	57 6 25	57 36 30,1	54 42 55,1	+ 0 5,1
0°	57 21 25	57 21 25,0	54 42 50,0	0
+ 0° 30′	57 36 25	57 6 30,0	54 42 55,0	+ 0 5,0
+ 1°	57 51 25	56 51 45,8	54 43 10,8	+ 0 20,8
+ 1° 30′	58 6 25	56 37 11,8	54 43 36,8	+ 0 46,8
+ 2°	58 21 25	56 22 47,8	54 44 12,8	+ 1 22,8

Der Inhalt der letzten Spalte ist graphisch in Fig. 7 wiedergegeben.

Es erhellt hieraus, dass die Abweichung zunächst für die Strahlen stärkerer Brechbarkeit grösser ist als für solche von geringerer Brechbarkeit und ferner, dass diese Abweichung nicht für die beiden Hälften des Gesichtsfeldes vollkommen gleich ist, indem sie bei Verkleinerung des Auffallswinkels schneller wächst als bei Vergrösserung desselben.

Bei Anwendung von einer grösseren Zahl von Prismen bleibt natürlich die Abweichung dem Sinne nach dieselbe, der Grösse nach wächst sie mit jedem hinzu-

[1]) *Diese Zeitschr.* **5.** *S. 184. 1885.*

kommenden Prisma und zwar in etwas stärkerem Maasse, als die Zahl der Prismen, da bei jedem folgenden Prisma die Abweichung des vorherigen bereits im Auffallswinkel mit auftritt.

Die Folge der geschilderten Abweichung ist also, wie schon erwähnt, dass bei Bewegung einer Spektrallinie durch das Gesichtsfeld des Fernrohres diese Linie auf dem ebenfalls im Gesichtsfelde erscheinenden Skalenbilde wandert, wenn auch nur in beschränkten Grenzen und zwar so, dass sie an einer bestimmten Stelle des Gesichtsfeldes, z. B. am Orte des Schnittpunktes des Fadenkreuzes immer mit einem und demselben Skalenstrich zusammenfällt. Man würde also die Skale sehr wohl benutzen können, wenn man sich darauf beschränkte, die Ablesungen an ihr jeweils nur in Bezug auf den Mittelpunkt des Gesichtsfeldes, den Kreuzungspunkt der Fäden, vorzunehmen.

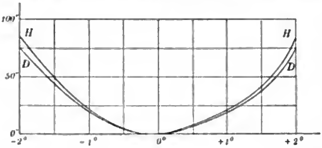


Fig. 7.

Das ist aber eine Beschränkung, welche einen grossen Theil der Bequemlichkeiten, die eine im Gesichtsfelde erscheinende Skale bietet, illusorisch macht, indem man nicht jegliche an irgend einer Stelle des Gesichtsfeldes auftauchende Erscheinung genügend orientiren kann.

Nun lässt sich der geschilderte Verlauf der Strahlen durch die Prismenkette in keiner Weise ändern, wohl aber kann man die Art, in welcher das Skalenbild im Gesichtsfelde erscheint, so beeinflussen, dass es dieselben Abweichungen erhält wie die Spektrallinien, und dieses wird erreicht durch Einschaltung einer Linse kurz vor der Ebene, in welcher das Skalenbild zu Stande kommt, der Gesichtsfeldebene.

Es sei *o* in Fig. 8 das eigentliche Okular und *G* die Gesichtsfeldblende. Das Gesichtsfeld für das durch das Fernrohrobjektiv beobachtete Spektrum wird durch den Winkel ε dargestellt. Schaltet man nun in den Gang der aus dem Skalenrohrobjektiv kommenden Strahlen in passender Entfernung vor der Gesichtsfeldblendung *G* eine positive Linse *C* ein, so wird in Bezug auf diese Strahlen dieselbe Gesichtsfeldblendung ausgefüllt von Strahlen, welche dem grösseren Gesichtsfeldwinkel ε' entsprechen. Während nun das scheinbare Gesichtsfeld für die beiden durch dasselbe Okular *o* betrachteten Erscheinungen natürlich dasselbe ist, weil für beide dieselbe Blendung *G* das Gesichtsfeld begrenzt, so ist das wirkliche Gesichtsfeld für die Skale grösser als das Spektrum. Lässt man demgemäss einen Punkt von einem Rande des Gesichtsfeldes sich zum anderen bewegen, so entspricht dieses bei der Skale einem grösseren Winkelwerth als beim Spektrum.

Es sei z. B. das Gesichtsfeld des Beobachtungsfernrohres 4 Grad und dasjenige der Skalenvorrichtung nach Einschaltung der Linse *C* 6 Grad und es mögen diesen 6 Grad 60 Skalentheile entsprechen. Ist das Fadenkreuz auf den Skalentheil 100 eingestellt, so wird also die Skale von 70 bis 130 sichtbar sein. Wird nun das Fernrohr um 2 Grad gedreht, so verschwindet unter der Voraussetzung, dass keine Verschiebungen im Spektrum stattfinden, gerade diejenige Stelle des Spektrums am Rande des Gesichtsfeldes, welche vorher in der Mitte eingestellt war. In Bezug auf die Skale fällt nunmehr der Skalentheil 120 mit dem Fadenkreuz zusammen und das Gesichtsfeld umfasst die Skale von 90 bis 150. Es wird also der 100-Strich der

Skale, welcher bei Einstellung in der Mitte des Gesichtsfeldes mit einer bestimmten Spektrallinie zusammenfiel, jetzt noch um $^1/_6$ des Durchmessers des Gesichtsfeldes vom Rande desselben entfernt sein, während die betreffende Spektrallinie bereits am Rande angelangt ist.

Da nun, wie oben ausgeführt, Verschiebungen im Spektrum vorkommen bei Bewegung des Beobachtungsfernrohres und dadurch der Prismenkette, so kann man offenbar dadurch, dass man die geschilderte Verschiebung des Skalenbildes ebenso gross macht, herbeiführen, dass eine Spektrallinie und das Bild eines Skalenstriches auch bei Bewegung des Fernrohres sich nicht von einander trennen.

Die einzuschaltende Linse soll nun nicht auf den Gang der aus der Prismenkette kommenden Strahlen, sondern nur auf das Skalenbild einwirken. Also kann man nicht, wie das sonst üblich ist, die Strahlen aus dem Skalenrohre durch das Objektiv des Beobachtungsrohres schicken, sondern darf sie erst kurz vor der Gesichtsfeldebene eintreten lassen.

Um das Bild der Skale, welches durch das mit Einstellvorrichtung versehene Objektiv *O* (Fig. 3) entworfen wird, in die Gesichtsfeldebene zu bringen wird es durch ein rechtwinkliges Prisma *P* senkrecht nach unten und durch eine unter 45 Grad gegen die optische Achse des Fernrohres geneigte, unmittelbar vor dem Fadenkreuz angebrachte spiegelnde Glasplatte *G*, deren Mittelpunkt in der optischen Achse selbst liegt, in horizontaler Richtung in die Gesichtsfeldebene des Okulars reflektirt. Die Glasplatte *G* darf keine planparallele Platte sein, da die auf sie fallenden Strahlenbüschel nicht Parallelstrahlen sind, sondern konvergiren und in Folge dessen doppelte Bilder geben. Man muss zur Beseitigung der Reflexbilder an der dem Objektiv des Fernrohres zugewandten Oberfläche der Glasplatte derselben einen schwachen Keilwinkel geben, der so gross ist, dass dieses zweite Bild nicht mehr in die Augenöffnung des Okulars fällt.

Die Einstellung des Skalenbildes erfolgt durch Verschiebung des Objektivs *O* des Skalenrohres, während das Bild des Spektrums durch Einstellen des Objektivs des Beobachtungsrohres in dieselbe Ebene, die Ebene des Fadenkreuzes, gebracht wird; auf diese ist dann das Okular *o* für sich einstellbar.

Unmittelbar über der Glasplatte *G* befindet sich eine runde Büchse *C* zur Aufnahme der Korrektionslinse. Da es aber sehr schwierig sein würde, dieselbe so zu wählen, dass sie die richtige Veränderung der Skale hervorbringt, und auch für jede Anzahl der Prismen wie streng genommen sogar für jede Stelle des Spektrums eine andere Verzerrung erforderlich ist, so muss diese Korrektur ihrer Grösse nach veränderlich sein. Da nun die Korrektur nur in einer Richtung, nämlich in derjenigen der Ausdehnung der Skale zu erfolgen braucht, so kann die Möglichkeit einer Veränderung ihrer Grösse dadurch erreicht werden, dass man anstatt der einen sphärischen Linse, zwei Zylinderlinsen unmittelbar über einander anordnet. Sind die Zylinderachsen dieser beiden Linsen parallel zu einander, so findet die grösste Verzerrung des Skalenbildes statt. Dreht man beide Linsen in gleichem Maasse, aber in entgegengesetzter Richtung, so verändert die Zylinderachse der Gesammtwirkung nicht ihre Lage, aber die Gesammtwirkung selbst wird geringer.

Diese Drehung der beiden Zylinderlinsen wird dadurch bewirkt, dass die Fassungen beider mit gegeneinander gerichteten Zähnen versehen sind, zwischen denen ein Stahltrieb durch den Knopf *K* drehbar angeordnet ist. Auf diese Weise ist man im Stande, die Grösse der zylindrischen Verzerrung des Skalenbildes der jeweiligen Abweichung der Spektrallinien von der Minimalablenkung anzupassen

und so das Verbleiben der Spektrallinien auf denselben Stellen des Skalenbildes auch bei Bewegung der Prismenkette und damit des Spektrums im Gesichtsfelde des Beobachtungsfernrohres zu ermöglichen.

Ein mit dieser Anordnung verbundener Uebelstand soll jedoch nicht verschwiegen werden. Wie aus Fig. 8 ersichtlich, wird das Spektrum durch ein Ramsden'sches Okular *o* betrachtet, während in Bezug auf die Skale dieses Okular *o* in Verbindung mit der Linse *C* wie ein orthoskopisches Okular wirkt. Die Folge davon ist, dass der Augenort für die beiden Fälle nicht derselbe ist; für das Spektrum liegt er weiter ausserhalb des Okulars *o* als für das Skalenbild. Dieses Verhältniss ist nicht zu beseitigen, es kann möglichst unschädlich gemacht werden, wenn das Okular *o* eine möglichst kurze Gesammtbrennweite hat, sodass die beiden Augenorte recht nahe zusammenrücken. In einer Mittelstellung zwischen beiden wird das beobachtende Auge beide Erscheinungen übersehen können.

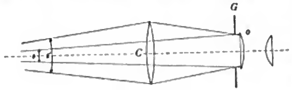


Fig. 8.

Endlich sei noch bemerkt, dass das Skalenrohr um die Achse des Instrumentes drehbar ist, um es bei Benutzung von einem oder mehreren Prismen in die richtige Lage zum Beobachtungsrohre bringen zu können. Es ist in jeder Lage festklemmbar und durch eine Feinbewegung genau einzustellen. Um die Skale in jeder der möglichen Stellungen des Beobachtungsfernrohres *B* (Fig. 1) immer wieder in die gleiche Stellung zum Spektrum zu bringen, wird man für eine bestimmte Wellenlänge, etwa diejenige einer *Na*-Linie, einen bestimmten Skalentheil festsetzen und die Skale darauf einstellen.

Eine besondere Sorgfalt ist noch der Beleuchtung der Skale zu widmen, da wenn man die ganze Skale erhellen wollte, die beleuchtenden Strahlen einen Winkel von 50 Grad ausfüllen müssten. Es ist aber garnicht nöthig, dass stets die ganze Skale beleuchtet ist, es genügt, wenn nur derjenige Theil der Skale, welcher jeweils im Gesichtsfelde des Fernrohrs erscheint, hell ist.

Die Lichtquelle *L*, ein Gasglühlichtbrenner, ist deshalb an dem Gegengewicht *W* des Beobachtungsrohres befestigt, sodass sie sich mit dem Fernrohr bewegt. Eine daran angebrachte Linse konzentrirt die Strahlen so, dass sie sich im Objektiv *O* des Skalenrohres kreuzen. Ist die Lampe einmal so angebracht, dass das ins Beobachtungsrohr projizirte Stück der Skale durch sie beleuchtet ist, so findet dasselbe in allen Stellungen des Beobachtungsfernrohres statt.

Der Lampenträger führt mit sich noch eine kleine Vorrichtung, welche bewirkt, dass das Skalenbild in allen Stellungen des Beobachtungsfernrohres scharf erscheint. Die Gesichtsfeldebene des Fernrohres bewegt sich mit dem Fernrohre auf einem Kreise. Das Bild der Skale liegt nicht ohne Weiteres auf dem durch diesen Kreis gelegten Zylindermantel. Um dieses aber herbeizuführen, ist die Skale um ihren Mittelpunkt drehbar. An dem Arm *p* befindet sich eine kleine Rolle, welche federnd gegen ein mit der Skale verbundenes Gleitstück drückt. Diesem Stück ist auf empirische Weise eine solche Krümmung gegeben, dass die Skale, wenn sie durch die Einstellvorrichtung einmal scharf eingestellt ist, in jeder Stellung des Beobachtungsfernrohres eingestellt bleibt.

Zeichenapparat für schwache Vergrösserungen.

Von
Max Berger in Jena.

Der im Nachstehenden beschriebene neue Apparat dient nicht nur zum Abzeichnen von verhältnissmässig ausgedehnten Präparaten in einem innerhalb weiter Grenzen zu variirenden Maassstab, sondern erfüllt auch ohne Weiteres alle Anforderungen, die an ein gutes Präparirmikroskop gestellt werden können.

Auf einer eisernen Grundplatte erhebt sich links eine kräftige Metallsäule *M* (Fig. 1), auf welcher sich mittels in eine Zahnstange eingreifender Getriebe zwei

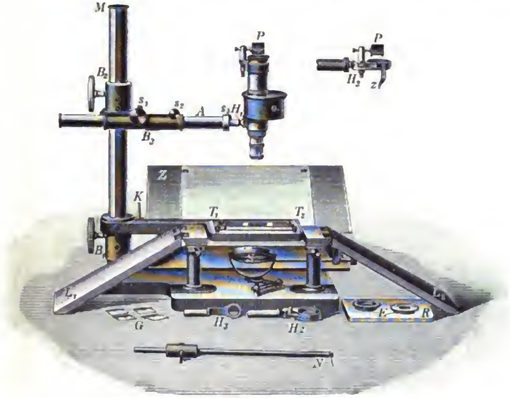


Fig. 1.

Büchsen B_1 und B_2 auf und ab bewegen lassen, deren gegenseitige Lage zu einander durch eine an der Säule angebrachte Millimeterskale leicht festgestellt werden kann; der obere Rand der Büchsen dient dabei als Index.

An B_1 ist der rahmenförmige Objekttisch *T* angebracht, der nach Lösen des Knebels *K* nach vorn gedreht werden kann, falls ein Objekt direkt auf die Grundplatte aufgelegt werden soll.

In den Rahmen des Objekttisches kann eine Glasplatte oder eine geschwärzte Metallplatte oder auch, wenn der Apparat zum Zeichnen in verkleinertem Maassstabe benutzt werden soll, eine als Reissbrett dienende kleine Holzplatte *R* eingelegt werden.

Zur Beleuchtung mit durchfallendem Licht dient entweder der in die Grundplatte leicht entfernbar eingesetzte, allseitig bewegliche Spiegel *S* oder auch, für ganz schwache Vergrösserungen, ein unter den Objekttisch gelegtes weisses Kartonblatt. Auch auf den Spiegel kann mittels eines Ringes eine weisse Papierscheibe aufgesteckt werden.

Die Büchse B_2 trägt an ihrem unteren Rande einen senkrecht zu ihr gelagerten, in horizontaler Ebene drehbaren Hohlzylinder B_3, in welchen der Arm *A* leicht ver-

schiebbar eingepasst ist. Diese Anordnung erlaubt, jede Stelle der 100 *mm* langen und 75 *mm* breiten Tischöffnung bequem zu bestreichen. Durch Anziehen der Schrauben s_1 und s_2 kann die Arretirung des Armes vorgenommen werden.

Der Arm A ist an dem einen Ende ausgebohrt und gestattet das Einstecken der mit Schraube s_3 feststellbaren Halter H_1, H_2, H_3, in die das Mikroskop mit bildumkehrendem Okular o oder, unter Benutzung der Zwischenringe E, Brillengläser verschiedener Stärke und Lupen in gewöhnlicher Fassung eingesetzt werden können.

Das Zeichenprisma (*Camera lucida*) P, dessen Konstruktion und Gebrauch als bekannt vorausgesetzt werden darf, wird an dem Okularrohr des Mikroskopes in der gewöhnlichen Weise befestigt; die richtige Stellung ist durch einen Stift markirt, über den der Schlitz des federnden Ringes gleitet. Das Mikroskop ist im Halter H_1 so einzusetzen, dass der horizontale Drehungszapfen des Zeichenprismas parallel zur vorderen Kante des Zeichenbrettes steht.

An dem Halter H_2 für die Brillengläser ist seitlich ein senkrechtes Rohrstück angebracht, in das der Stift des Zeichenprismas eingeführt wird. Der Halter H_3 ist zur Aufnahme sogenannter Dubletts bei Verwendung des Apparates zum Präpariren bestimmt. Um das letztere zu erleichtern, werden zwei in geeigneter Weise verstellbare Auflagebacken L_1, L_2 beigegeben, deren Stützen in zwei Einfräsungen der Grundplatte eingeschoben werden.

Das Zeichenbrett Z ruht auf einem durchbrochenen, pultförmigen Gestell, auf dessen unter 25° geneigter Fläche es sich auf und ab bewegen lässt. Dieses Zeichenpult kann, in einer Nuth der Grundplatte gleitend, in der Richtung senkrecht zur vorderen Objekttischkante verschoben und in beliebiger Stellung festgeklemmt werden.

Um sehr ausgedehnte Präparate oder auch einzelne Parthieen eines solchen, die nicht mit einem Male zu überblicken sind, in gleicher Vergrösserung zeichnen zu können, ist es erforderlich, den Abstand zwischen der Pupille des Zeichenprismas (kleine kreisförmige Oeffnung des Prismengehäuses) und der Zeichenfläche konstant zu halten. Diesem Zwecke dient die Verschiebbarkeit des Zeichenpultes in Verbindung mit folgender Einrichtung.

Am vorderen Rand des Zeichenpultes sind zwei Indizes, J_m und J_l in Fig. 2 und 3, angebracht, welche eine in die Grundplatte eingerissene, in Fig. 1 nicht sichtbare Skale bestreichen. Sie sind in der Richtung von vorn nach hinten um 23 *mm* zu einander versetzt, wodurch dem Umstand Rechnung getragen ist, dass bei Anwendung des bildumkehrenden Okulars die optische Achse um den erwähnten Betrag nach vorn zu verlegt wird. Die Fig. 2 und 3 erläutern dies in anschaulicher Weise. Auf beiden Seiten des Objekttisches befinden sich ebenfalls Skalen T_1, T_2, deren Theilstriche, durch Gerade verbunden gedacht, die Tischöffnung in parallele Felder zerlegen. Die Numerirung erfolgte von dem in der Mitte liegenden Nullpunkt aus ansteigend nach beiden Richtungen hin.

Die Grundplattenskale ist in gleicher Weise beziffert; ihr Nullpunkt wurde so gelegt, dass das Zeichenpult nach vorn wie nach hinten zu um einen der halben Tischbreite entsprechenden Betrag verschoben werden kann.

Es hat nun, wie aus den Fig. 2 und 3 leicht ersichtlich, die Entfernung der Zeichenprismenpupille von der Zeichenfläche immer dann einen konstanten Werth, wenn das Zeichenpult auf den Theilstrich eingestellt wird, welcher bezüglich seiner Bezifferung mit dem das Sehfeld halbirenden Theilstrich der Objekttischskale übereinstimmt.

Sollen z. B. nacheinander zwei Stellen eines Präparates in gleichem Maassstab gezeichnet werden, die auf den Theilstrichen 0 und 30 der Objekttischskalen liegen, so hat man nur den entsprechenden Index am Zeichenpult auf die Theilstriche 0 und 30 einzustelllen, um zu dem gewünschten Resultat zu kommen. Erforderniss ist hierbei natürlich, dass die Zeichenprismenpupille in gleicher Höhe über der Grundplatte erhalten, die Scharfeinstellung des Bildes also nur mittels des Getriebes der Büchse B_1 bewerkstelligt wird.

Die Theilstriche, welche der Lage der Präparate auf dem Objekttisch entsprechen, lassen sich leicht ermitteln, und zwar entweder durch blosse Schätzung oder genauer, indem man ein kleines Lineal parallel zur vorderen Tischkante auflegt und soweit verschiebt, bis seine Kante die Mitte des Sehfeldes durchschneidet. Bei Verwendung des Mikroskopes lässt sich dies mit grosser Genauigkeit durchführen, da dessen Sehfeld scharf begrenzt erscheint, bei Verwendung von Lupen und Brillengläsern aber bedient man sich zweckmässig der senkelartigen Vorrichtung *z* (Fig. 1), welche über

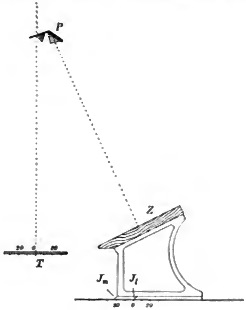


Fig. 2.

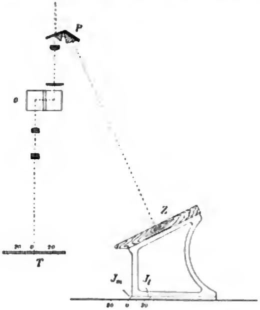


Fig. 3.

die Ringe *E* geschoben wird und deren Spitze dann bis in die Mitte des Sehfeldes hineinragt. Die Kante des Lineals braucht demzufolge nur bis an diese Spitze herangeschoben zu werden. Da das Senkel in vertikaler Richtung kürzer gehalten ist, als die in Frage kommenden Objektabstände, so ist erforderlich, den Objekttisch mit dem Lineal soweit als nöthig hochzustellen; die an der Säule *M* angebrachte Skale gestattet ohne jede Schwierigkeit, ihn in seine frühere Lage zurückzuversetzen.

Die Verwendung des Apparates zum Zeichnen in natürlicher Grösse erfordert *gleiche* Abstände zwischen Zeichenprismenpupille und Zeichenfläche einerseits und dem in seine tiefste Lage gekurbelten Objekttisch andrerseits; sie sind, entsprechend der deutlichen Sehweite, gleich 250 *mm* angenommen. Die vorgeschriebene Höhe des Zeichenprismas über dem Objekttisch wird leicht mit Hülfe eines als Loth dienenden Messingstäbchens *N* eingestellt. Dieses hängt an einem in horizontaler Ebene drehbaren und verschiebbaren Stab, dessen Führungsstück in eine Ausbohrung an der Stirnseite der Säule *M* eingesteckt wird. Das Stäbchen ist in seiner Länge so abgeglichen, dass sein unteres Ende die Horizontalebene bestimmt, in der die Pupille des Zeichenprismas liegen muss, wenn bei richtiger Einstellung des Zeichenpultes die

Entfernung jener Pupille von dem Zeichenbrette stets 250 *mm* betragen soll. Die Bestimmung dieser Höhenlage hat für jedes der verwendeten optischen Hülfsmittel nur einmal in der beschriebenen Weise zu erfolgen, sofern man sich die Stellungen der Büchse B_2 gegenüber der Skale an der Säule M notirt. Die unter Beobachtung des beschriebenen Verfahrens in gleicher Vergrösserung erzielten Theilbilder ausgedehnter Präparate können nun zu Gesammtzeichnungen zusammengestellt werden.

Noch einfacher gestaltet sich die Herstellung zusammenhängender Bilder, besonders von langgestreckten Präparaten (Eidechsen u. a.), wenn man nach dem Zeichnen einzelner Parthieen Objekt und Zeichenpapier in seitlicher Richtung um gleiche Beträge verschiebt. Dieses Verfahren wurde bei der Konstruktion des Apparates speziell in Rücksicht gezogen und der Arm A erhielt deshalb die aus der Fig. 1 ersichtliche grosse Ausladung.

An dieser Stelle sei noch erwähnt, dass eine genaue Kontrole der Vergrösserung ausgeführt werden kann, indem man auf Objekttisch und Zeichenbrett je einen Maassstab legt und die beiden Bilder mit einander vergleicht.

Man kann mit dem Apparate nicht nur, wie schon bemerkt, Objekte in natürlicher Grösse oder — innerhalb gewisser Grenzen — in beliebiger Vergrösserung, sondern, wie ebenfalls schon hervorgehoben wurde, auch in *verkleinertem* Maassstabe abzeichnen. Man braucht in diesem Falle nur das Präparat auf dem Zeichenbrette und das Zeichenpapier auf dem kleinen in den Objekttisch eingelegten Reissbrette R zu befestigen.

Bei Ausführung von Zeichnungen im verkleinerten Maassstabe leisten die Auflagebacken gute Dienste.

Für das Zeichnen mit dem Mikroskope eignet sich am besten das von der Firma C. Zeiss geführte Objektiv a^* mit variabler Eigenvergrösserung; aber auch andere schwache bis mittlere Systeme, bis zu C etwa, lassen sich anwenden. Bei Kombination von a^* mit dem die Porro'schen Prismen enthaltenden Zwischenstücke und den Huyghens'schen Okularen Nr. 1 bis 5 erhält man ganz beliebige Abstufungen zwischen 2-facher und 23-facher Vergrösserung. Der Durchmesser des Sehfeldes schwankt dabei zwischen 5 *mm* und 45 *mm*. Für noch schwächere Vergrösserungen sind Brillengläser, die in den Halter H_2 eingelegt werden, zu benutzen. Brillengläser von der Stärke 1 Dioptrie bis 5 Dioptrieen ergeben Vergrösserungen, die zwischen 1,25-fach und 2,25-fach liegen.

Bei der Ausführung der Zeichnungen ist stets darauf zu achten, dass die Einstellung des Objektes in der richtigen Weise erfolgt. *Es muss das vom Auge betrachtete Bild des Objektes in derselben Entfernung liegen wie das Bild des Zeichenstiftes*, das durch das Zeichenprisma entworfen wird. Ist diese wichtige Bedingung erfüllt, so tritt beim Bewegen des Auges *keine parallaktische Verschiebung beider Bilder* gegen einander ein.

Zur Abstufung der Helligkeit von Objekt oder Zeichenpapier werden mehrere Rauchgläser G (Fig. 1) dem Apparate beigegeben, die man sowohl auf Okular, Brillengläser oder Lupen auflegen, wie auch an der Fassung des Zeichenprismas befestigen kann.

Die Vortheile, die dieser von der Firma C. Zeiss in Jena schon seit einiger Zeit gelieferte neue Apparat gegenüber anderen für ähnliche Zwecke konstruirten Instrumenten bietet, bestehen also kurz zusammengestellt darin, dass er sowohl als Zeichenapparat, wie als Präparirmikroskop benutzt werden kann, dass ferner die Vergrösserung innerhalb weiter Grenzen sich ganz beliebig abstufen lässt und dass selbst sehr grosse Präparate in ihrer ganzen Ausdehnung in genau derselben Ver-

grösserung gezeichnet werden können. Die Anwendung des bildaufrichtenden Mikroskopes gewährt dabei nicht nur die Annehmlichkeit, dass zwischen Auge und Präparat ein grösserer Abstand besteht, als bei Benutzung stärkerer Lupen, sondern gestattet auch ohne Weiteres, einzelne Theile der Präparate unter Benutzung stärkerer Systeme als *a** zu beobachten und zu zeichnen, ohne dass ein anderes Mikroskop zu Hülfe genommen werden muss.

Bestimmung der Spannkraft des gesättigten Wasserdampfes bei Temperaturen zwischen -12^0 und $+25^0$ insbesondere bei 0^0 [1]).

Von
M. Thiesen und **K. Scheel.**

Die Untersuchung, über welche hier berichtet wird, ist als Theil einer grösseren gedacht. Es soll die experimentelle Grundlage geschaffen werden, um die Spannung des in Berührung mit einer ebenen Wasserfläche gesättigten Wasserdampfes in dem ganzen in Frage kommenden Temperaturintervalle als Funktion der Temperatur darstellen zu können. Diese Aufgabe ist insofern nicht ganz einfach, als sie bei den verschiedenen Temperaturen ganz verschiedene Methoden und Apparate erfordert; namentlich werden zur Messung des Druckes, der sich in diesem Intervalle um das 100000-fache seines Werthes ändert, mindestens vier verschiedene Manometer gebraucht werden müssen. Andererseits haben die bisherigen Untersuchungen wahrscheinlich gemacht, dass zu der Darstellung eine Formel mit wenigen Konstanten hinreichen wird; es ist also keineswegs geboten oder auch nur zweckmässig, bei der Bestimmung in kleinen Temperaturintervallen fortzuschreiten, sondern man wird sich auf wenige, etwa um 50^0 von einander entfernte Temperaturen beschränken können und doch eine genügende Zahl von Daten zur Bestimmung der Konstanten und zur Prüfung der Formel erhalten.

Als Hauptergebniss der zunächst vorliegenden Untersuchung ist die Bestimmung des Druckes bei 0^0 anzusehen; den Bestimmungen bei anderen Temperaturen kommt eine wesentlich geringere Bedeutung zu.

Sieht man von älteren Versuchen ab, so liegen bisher folgende Resultate für den Druck des Wasserdampfes bei der Temperatur des schmelzenden Eises vor.

Magnus[2]) findet aus 7 Versuchen, welche zwischen 4,44 *mm* und 4,59 *mm* liegende Werthe ergeben, im Mittel 4,53 *mm*. Eine andere Methode lieferte ihm bei grösseren Abweichungen der Einzelwerthe den Mittelwerth 4,62 *mm*.

Regnault[3]) erhielt bei derselben Temperatur nach zwei etwas verschiedenen Methoden 64 auf 12 Reihen vertheilte Einzelwerthe, die zwischen 4,50 *mm* und 4,70 *mm* liegen; als Endergebniss wird von Regnault 4,60 *mm*, von Broch[4]) das Reihenmittel 4,57 *mm* angenommen.

Fischer[5]) bestimmte den Druck sowohl über Wasser als über Eis von 0^0 und fand in beiden Fällen 4,63 *mm*.

---

[1]) Aus der in den *Wissensch. Abhandl. d. Phys.-Techn. Reichsanstalt* **3.** *S. 71 bis 94. 1900* veröffentlichten Arbeit auszugsweise mitgetheilt von Dr. Karl Scheel.

[2]) Magnus, *Pogg. Ann.* **61.** *S. 240 u. S. 244. 1844.*

[3]) Regnault, *Relation des expériences.* Bd. 1. Paris 1847. *S. 501.*

[4]) Broch, *Trav. et Mém. du Bureau intern. des Poids et Mesures* **1.** *S. A 22. 1881.*

[5]) Fischer, *Wied. Ann.* **28.** *S. 408 u. 411. 1886.*

Ein öfters angeführter Werth von Dieterici, 4,62 *mm*[1]), ist nur auf indirektem Wege erhalten, wird aber freilich von Hrn. Dieterici für genauer als die direkt gefundenen Werthe erachtet. Immerhin ergiebt sich schon aus der einen Grundlage, der Dichte des gesättigten Wasserdampfes bei 0° nach der eigenen Angabe des Beobachters eine Unsicherheit von ± 0,02 *mm*.

Die Abweichungen in den Bestimmungen bei 0° können zum grössten Theile den Unsicherheiten der Druckmessung zugeschrieben werden. Dieterici[2]) hat nun Messungen der Spannkraft des Wasserdampfes über Lösungen nach einer Methode ausgeführt, die eine grössere Genauigkeit der Druckmessung durch Anwendung einer Aneroidmembran zu erreichen gestattete. Da er aber auf diesem Wege den Druck nicht in absolutem Maasse erhielt, so konnte er auch nicht den Druck über reinem Wasser bestimmen; vielmehr aichte er sein Manometer unter der Annahme, dass der Druck des Dampfes über Wasser von 0° bekannt und die Angaben des Manometers von einem besonders bestimmten Nullpunkte aus gerechnet dem Drucke proportional seien.

Das in vorliegender Untersuchung der Spannung des Wasserdampfes bei niederen Temperaturen benutzte Verfahren ist im Prinzip die von Gay-Lussac herrührende und auch von Regnault zu gleichem Zwecke benutzte Methode. Nach derselben genügt es, das mit Wasser gefüllte Gefäss auf der Versuchstemperatur zu halten, wenn nur das Manometer und die Verbindung mit demselben nirgends eine niedrigere Temperatur hat.

Der Apparat hatte demnach die folgende Form. Von den beiden Schenkeln eines Differential-Quecksilbermanometers steht der eine mit einem Gefässe in Verbindung, welches Wasser von konstant gehaltener, merklich unter Zimmertemperatur liegender, bekannter Temperatur enthält, der andere ist mit einem Phosphorpentoxyd enthaltenden Gefässe verbunden; die Luft ist aus allen Räumen soweit entfernt, als es mittels einer Töpler'schen Pumpe geschehen kann.

Das Differentialmanometer hat eine ganz ähnliche Einrichtung wie das in *dieser Zeitschr.* ***20.*** *S. 349. 1900* als „Wasserkasten" beschriebene Manometer. In einen rechteckigen Eisenblock von 125 *mm* Länge, 60 *mm* Tiefe und 75 *mm* Höhe sind von oben her dicht neben einander zwei zylindrische Löcher von 58 *mm* Durchmesser gebohrt und die so entstandenen Kammern unten durch engere Bohrungen und ein eingekittetes Glasrohr verbunden, oben durch aufgekittete durchbohrte Eisendeckel verschlossen. Die Vorder- und Hinterwände der Kammern sind durch viereckige Fenster durchbrochen und diese wieder durch Spiegelglasplatten, welche auf die vordere und hintere Seite des Blockes aufgekittet und durch übergeschraubte Leisten gesichert sind, geschlossen. Die hintere Glasplatte war in der schon früher angegebenen Weise auf der Innenseite in 0,5 *mm* getheilt. Vor Einkitten der zu den Gefässen G_1 und G_2 (Fig. 1) führenden Glasröhren in die Oeffnungen der Deckel wurde das Manometer bis zur halben Höhe mit reinem Quecksilber gefüllt.

Die Bestimmung des Quecksilberniveaus in den beiden Manometerschenkeln geschah in ähnlicher Weise, wie es bei der Bestimmung der Ausdehnung des Wassers *a. a. O.* beschrieben ist, indem man nämlich mit Hülfe zweier Mikrometermikroskope, für welche die fortschreitenden und periodischen Schraubenfehler gut bestimmt waren, die Abstände der Striche der das Manometer hinten abschliessenden getheilten Glasplatte von ihren Spiegelbildern in der Quecksilberkuppe ermittelte. Der Einfluss der

[1]) Dieterici, *Wied. Ann.* ***38.*** *S. 23. 1889.*

[2]) Dieterici, *Wied. Ann.* ***50.*** *S. 47. 1893* und ***67.*** *S. 859. 1899.*

Spiegelung auf den scheinbaren Abstand der Striche war dank der kleineren Kapillaritätskonstante des Quecksilbers und dank seines endlichen Randwinkels, merklich kleiner, als bei den Messungen an der Wasserkuppe.

Das Manometer erlaubt, die Messung der Druckdifferenz absolut und mit grosser Schärfe auszuführen, doch bleibt die Messung noch mit einem konstanten Indexfehler behaftet, dessen Grösse der Angabe des Manometers bei einem auf beiden Seiten gleichen Drucke entspricht. Diesen Fehler direkt zu bestimmen, erscheint weniger zweckmässig; um ihn zu eliminiren, stellt man die Verbindung zwischen den Manometerschenkeln und den beiden Gefässen noch auf die zweite mögliche Art her und wiederholt die Messung.

Wie diese beiden Verbindungen hergestellt werden können, erläutert das beifolgende Schema (Fig. 1). Von einem geschlossenen Ring aus 8 *mm* weitem Glasrohr zweigen sich vier Leitungen ab, von denen zwei einander gegenüberliegende zu den beiden Gefässen G_1 G_2, die beiden andern zu den beiden Manometerschenkeln M_1 und M_2 führen; zwischen je zwei Abzweigungen ist ein als Hahn funktionirender Barometerverschluss, wie ihn die Fig. 2 darstellt, eingeschaltet; eine fünfte ebenfalls durch Barometerverschluss abzusperrende Abzweigung führt zur Quecksilberpumpe. Oeffnet man nun beispielsweise die Hähne h_1, h_3, so ist G_1 mit M_2, M_1 mit G_2 verbunden, während durch Oeffnen von h_2, h_4 die zweite Verbindung hergestellt wird.

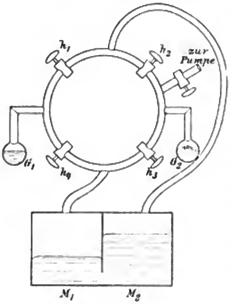


Fig. 1.

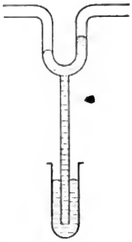


Fig. 2.

Die Gefässe, welche das Wasser und die Phosphorsäure enthielten, waren anfangs beiderseits Kolben von etwa 5 *cm* Durchmesser; mit Schliffen, die unter Erwärmung mit etwas *Chatterton Compound*-Kitt gedichtet wurden, waren sie an das Röhrensystem angesetzt. Später hatte das Wassergefäss die Form eines unten schwach konischen Zylinders, um bei den Versuchen unter 0° einen Unfall durch Gefrieren des Wassers möglichst auszuschliessen; zum Schluss der Versuchsreihe dienten zwei Wassergefässe von zylindrischer und Kolbenform neben einander, von denen jedes einen besonderen Barometerverschluss erhalten hatte. Gefässe und Röhren bestanden aus Jenaer Thermometerglas 16^{III}, von dem gerade passende Röhren vorhanden waren.

Zur Bestimmung der Temperatur des Manometers dienten nebenhängende bezw. später an den Kasten in Kupferklötzen angelegte Thermometer.

Um das Wassergefäss auf bestimmten Temperaturen halten zu können, tauchte es in eine Glocke von etwa 25 *cm* Durchmesser und 30 *cm* Höhe. Für Versuche bei 0° wurde die Glocke einige Stunden vor Beginn des Versuchs mit dem bei Eispunktsbestimmungen gebräuchlichen Gemisch von feinem Eis und destillirtem Wasser gefüllt und dieses dauernd bei guter Beschaffenheit erhalten; das Schmelzwasser wurde zum Schlusse mit stets negativem Resultate auf Chlor geprüft.

Für Versuche bei Temperaturen über 0°, die stets nur wenige Grad unter Zimmertemperatur lagen, war die Glocke mit einem Rührer und zwei Normalthermometern versehen; unter fast beständigem Rühren suchte man durch Hinzufügen von sehr kleinen Quantitäten Eis die an einem der Thermometer abgelesene Temperatur möglichst konstant zu halten[1]). Unmittelbar nach den Versuchen wurden die beiden Thermometer mit einander verglichen und ihre Eispunkte genommen. Es möge gleich bemerkt werden, dass diese Methode zur Erzielung konstanter Temperaturen sich als ungenügend erwies, da selbst ganz lokale Temperaturschwankungen nach unten hin einen überwiegenden Einfluss haben. Bei der geringen Bedeutung, die man diesen Versuchen für das Endziel beilegte, wurde aber eine Verbesserung der Einrichtung unterlassen.

Für die Versuche unter 0° wurde das Gefäss mit einem Ueberlauf versehen und mit Salzwasser gefüllt. Mit Hülfe einer kleinen Zentrifuge zirkulirte das Salzwasser zwischen dem Boden der Glocke, der es durch ein 15 *mm* starkes Bleirohr entnommen wurde, und ihrer Oberfläche, in die es in kräftigem Strahle eintrat. Im Uebrigen wurde die Temperatur in derselben Weise wie bei den höhern Temperaturen abgelesen und konstant erhalten.

Die Berechnung der Temperaturen und die Reduktion auf die Wasserstoffskale erfolgte nach bekannten Prinzipien; an die stets auf der Mitte zwischen zwei Theilstrichen festgehaltene Angabe des während der Versuche abgelesenen Thermometers wurde noch die Hälfte der aus den Vergleichungen sich ergebenden Differenz gegen das zweite Thermometer und des Unterschiedes der Ablesungen zwischen Theilung vorn und Theilung hinten angebracht.

Es ist nicht möglich, an dieser Stelle auf die Einzelbeobachtungen und ihre Reduktionen einzugehen, hinsichtlich dieser sei auf das Original verwiesen. Doch mögen die Resultate etwas eingehender mitgetheilt werden.

Berechnet man, zunächst für 0°, die Drucke, indem man die in derselben Reihe einerseits bei direkter, andererseits bei indirekter Verbindung gefundenen Werthe der korrigirten Höhendifferenz mittelt und behufs Elimination des Indexfehlers diese Mittel wieder zu einem Mittel vereinigt, so findet man

	Druck	Abweichung (in 0,0001 *mm*)	Anstieg (in 0,0001 *mm*)
6. Okt. 1898 . . .	4,5770	+ 20	+ 38
7. „ „ . . .	732	— 18	+ 27
10. Nov. „ . . .	688	— 62	+ 65
11. „ „ . . .	699	— 51	+ 61
19. Dez. „ . . .	746	— 4	+ 52
7. Febr. 1899 . . .	782	+ 32	+ 25
9. „ „ . . .	791	+ 41	+ 12
11. „ „ . . .	792	+ 42	+ 10
Mittel	4,5750		

Dazu kommt eine unter abweichenden Bedingungen und in unsystematischer Folge ausgeführte Reihe, welche den Werth 4,5780 liefert.

Die Abweichungen der einzelnen Reihen von einander gehen bis 0,01 *mm* und sind grösser, als sie aus Messungs- oder Reduktionsfehlern erklärt werden könnten. Nun weist auch noch ein anderer Umstand auf systematische Fehler hin. In der letzten Spalte der obigen Tabelle sind unter „Anstieg" die durchschnittlichen

[1]) Bei diesen Versuchen betheiligte sich Hr. Dittenberger.

Aenderungen des Druckes aufgeführt, wie sie sich, wenn auch etwas unsicher, aus den Bestimmungen der Schraubenwerthe vor und nach den eigentlichen Messungen ergeben. Es folgt daraus, dass während der Messungen oder doch unmittelbar vor denselben stets noch eine Vergrösserung des Druckes stattfand, dass also der stationäre Zustand, den die Theorie der Versuche erfordert, noch nicht erreicht war.

Am nächsten lag es, diese Aenderungen dem Einfluss der Verdampfungswärme des Wassers zuzuschreiben. Der Raum, in den hinein das Wasser nach der jedesmaligen Umschaltung verdunstete, kann auf 250 *ccm* geschätzt werden, das entspricht bei 0° etwa 1,2 *mg* Wasser. Die Verdunstung dieser Menge würde die gesammte im Gefäss enthaltene Wassermasse von etwa 35 *g* um etwa 0,02° abkühlen und eine Druckerniedrigung von 0,007 *mm* hervorrufen. Doch ist ein noch viel grösserer Einfluss zu befürchten, da das leichtere, abgekühlte Wasser an der Oberfläche bleiben, diese sich also noch weit stärker abkühlen wird.

Um diese Fehlerquelle auszuschliessen, sind die Beobachtungen im Februar und einige weitere mit flüssiger Luft im April mit zwei Wassergefässen angestellt, die nach einander eingeschaltet wurden. Ausserdem vergrösserte man immer mehr den Zeitraum zwischen der Umschaltung und dem Beginn der Messungen, bis schliesslich auf 25 Minuten.

Die mit zwei Wassergefässen angestellten Messungen stimmen innerhalb der Beobachtungsfehler unter einander überein und man wird sie allein bei Bestimmung des Endwerthes mitsprechen lassen. Es ist allerdings nicht unwahrscheinlich, dass auch die Phosphorsäure einige Zeit braucht, um die letzten Spuren des Wasserdampfes zu absorbiren, ferner kann der Einfluss der Wände und die Gegenwart kleiner Verunreinigungen den Eintritt des stationären Zustandes verzögern, doch berechtigt der sehr kleine noch angedeutete Gang wohl nicht zu der Annahme, dass auch die letzten Versuche noch nicht den wahren Druck gegeben hätten, zumal wenn man die allerdings unvollständig gebliebenen Versuche mit flüssiger Luft berücksichtigt, welche einen zu grossen Druck hätten ergeben müssen. Es ist daher als wahrscheinlichster aus den Versuchen folgender Werth des Druckes bei 0° das Mittel aus den Versuchen im Februar mit

4,579 *mm*

angenommen, welchem mit Berücksichtigung der Unsicherheit in der Bestimmung der Theilungsfehler der Glasplatte ein wahrscheinlicher Fehler von ± 0,001 *mm* zugeschrieben werden kann.

In derselben Weise berechnet ergaben die Versuche bei den Temperaturen über und unter 0° die unten folgenden Werthe. Diese Werthe sind zwar als sicherer anzusehen als die bisher bei gleichen Temperaturen vorliegenden Bestimmungen von Regnault und Magnus, doch ist ihnen nur der Werth einer Orientirung beigelegt.

Datum	Temperatur Grad	Druck mm	Beob. — Berech. mm	Beob. — Berech. Grad
10. Okt. 1898 . . .	14,5679	12,4385	+ 0,0049	— 0,006
11. „ „ . . .	15,0593	12,8285	— 0,0054	+ 0,007
12. „ „ . . .	19,8402	17,3622	+ 0,0032	— 0,003
9. Nov. „ . . .	16,3603	13,9189	— 0,0300	+ 0,033
12. „ „ . . .	19,8438	17,3411	— 0,0220	+ 0,021
14. „ „ . . .	25,4748	24,3308	— 0,1045	+ 0,072
15. „ „ . . .	24,9749	23,6818	— 0,0375	+ 0,027
5. Jan. 1899 . . .	— 6,561	2,6731	+ 0,0419	— 0,184
23. „ „ . . .	— 11,334	1,9217	— 0,0090	+ 0,058

Es ist darauf verzichtet, aus den Versuchen selbst eine provisorische Formel zu berechnen, vielmehr sind die Resultate nur mit der folgenden, früher veröffentlichten Formel[1]) verglichen, welche bei 0° einen um 0,002 *mm* höheren Druck ergiebt, als er vorstehend gefunden wurde,

$$(273 + t) \log \frac{p}{760} = 5{,}409\,(t - 100) - 0{,}508 \cdot 10^{-8} \left\{(365 - t)^4 - 265^4\right\}.$$

Bei dem bei $-6{,}561°$ angestellten Versuch wurde auf Grund des erhaltenen Druckes angenommen, dass das Wasser gefroren war. Daher ist hier der Druck mit dem nach der Formel[2])

$$\log \frac{p}{4{,}5813} = 9{,}78 \frac{t}{273 + t}$$

berechneten verglichen worden. Zwei Stunden vor Beginn dieses Versuches waren einige unvollständige Einstellungen bei einer Temperatur von $-11{,}81°$ gemacht, die auf einen Druck von 1,84 *mm* führten.

Es sind noch zwei Versuche zu erwähnen, welche die Abwesenheit oder Bedeutungslosigkeit gewisser Fehlerquellen erweisen. Um zu untersuchen, ob die etwas wasserhaltige Phosphorsäure nicht noch eine merkliche Dampfspannung besitzt, wurde die Dampfspannung der Phosphorsäure bei 30° mit der bei 0° verglichen. Man fand auf der wärmern Seite einen um 0,0003 *mm* grösseren Druck. Wollte man diesem Ergebnisse überhaupt eine Bedeutung beilegen, so ist zu bedenken, dass es noch den Unterschied des Druckes des Quecksilberdampfes bei 0° und bei Zimmertemperatur enthält, also für einen Unterschied der Spannung des Wasserdampfes nichts übrig bleibt.

Ein bei zeitweiser Abkühlung des Phosphorsäuregefässes mit flüssiger Luft ausgeführter Versuch ist zwar in Folge des Bruchs des im Eise befindlichen Wassergefässes nicht ganz zu Ende geführt, zeigt aber jedenfalls soviel, dass im Vakuum nichts vorhanden war, dessen Druck sich durch die Abkühlung mit flüssiger Luft merklich verringert hätte.

Bestimmungen

zur Ausführung des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maasseinheiten[3]).

I. Auf Grund des § 5 des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maasseinheiten, vom 1. Juni 1898[4]) wird Folgendes bestimmt:

1. Zu § 5a. Bedingungen, unter denen bei der Darstellung des Ampere die Abscheidung des Silbers stattzufinden hat.

Die Flüssigkeit soll eine Lösung von 20 bis 40 Gewichtstheilen reinen Silbernitrats in 100 Theilen chlorfreien destillirten Wassers sein; sie darf nur solange benutzt werden, bis im Ganzen 3 Gramm Silber auf 100 Kubikzentimeter der Lösung elektrolytisch abgeschieden sind.

Die Anode soll, soweit sie in die Flüssigkeit eintaucht, aus reinem Silber bestehen. Die Kathode soll aus Platin bestehen. Uebersteigt die auf ihr abgeschiedene Menge Silber 0,1 Gramm auf das Quadratzentimeter, so ist das Silber zu entfernen.

[1]) M. Thiesen, *Wied. Ann.* **67.** *S. 692. 1899.*

[2]) M. Thiesen, *a. a. O.*

[3]) Diese vom Bundesrath beschlossenen Bestimmungen sind im *Reichsgesetzblatt 1901. S. 127* unter dem Datum des 6. Mai 1901 bekannt gemacht.

[4]) Vgl. *diese Zeitschr.* **18.** *S. 213. 1898.*

Die Stromdichte soll an der Anode ein fünftel, an der Kathode ein fünfzigstel Ampere auf das Quadratzentimeter nicht überschreiten.

Vor der Wägung ist die Kathode zunächst mit chlorfreiem destillirten Wasser zu spülen, bis das Waschwasser bei dem Zusatz eines Tropfens Salzsäure keine Trübung zeigt, alsdann 10 Minuten lang mit destillirtem Wasser von 70 Grad bis 90 Grad auszulaugen und schliesslich mit destillirtem Wasser zu spülen. Das letzte Waschwasser darf kalt durch Salzsäure nicht getrübt werden. Die Kathode wird warm getrocknet, bis zur Wägung im Trockengefäss aufbewahrt und nicht früher als 10 Minuten nach der Abkühlung gewogen.

2. *Zu § 5b. Bezeichnungen elektrischer Einheiten.*

a) Die Elektrizitätsmenge, welche bei einem Ampere in einer Sekunde durch den Querschnitt der Leitung fliesst, heisst eine Amperesekunde (Coulomb), die in einer Stunde hindurchfliessende Elektrizitätsmenge heisst eine Amperestunde.

b) Die Leistung eines Ampere in einem Leiter von einem Volt Endspannung heisst ein Watt.

c) Die Arbeit von einem Watt während einer Stunde heisst eine Wattstunde.

d) Die Kapazität eines Kondensators, welcher durch eine Amperesekunde auf ein Volt geladen wird, heisst ein Farad.

e) Der Induktionskoeffizient eines Leiters, in welchem ein Volt induzirt wird durch die gleichmässige Aenderung der Stromstärke um ein Ampere in der Sekunde, heisst ein Henry.

3. *Zu § 5c. Bezeichnungen für die Vielfachen und Theile der elektrischen Einheiten.*

Als Vorsätze vor dem Namen einer Einheit bedeuten

Kilo	das Tausendfache,
Mega (Meg)	das Millionfache,
Milli	den tausendten Theil,
Mikro (Mikr)	den millionten Theil.

4. *Zu § 5d. Berechnung der Stärke, der elektromotorischen Kraft (Spannung) und der Leistung von Strömen wechselnder Stärke oder Richtung.*

a) Als wirksame (effektive) Stromstärke — oder, wenn nichts Anderes festgesetzt ist, als Stromstärke schlechthin — gilt die Quadratwurzel aus dem zeitlichen Mittelwerthe der Quadrate der Augenblicks-Stromstärken.

b) Als mittlere Stromstärke gilt der ohne Rücksicht auf die Richtung gebildete zeitliche Mittelwerth der Augenblicks-Stromstärken.

c) Als elektrolytische Stromstärke gilt der mit Rücksicht auf die Richtung gebildete zeitliche Mittelwerth der Augenblicks-Stromstärken.

d) Als Scheitelstromstärke periodisch veränderlicher Ströme gilt deren grösster Augenblickswerth.

e) Die unter a) bis d) für die Stromstärke festgesetzten Bezeichnungen und Berechnungen gelten ebenso für die elektromotorische Kraft oder die Spannung.

f) Als Leistung gilt der mit Rücksicht auf das Vorzeichen gebildete zeitliche Mittelwerth der Augenblicks-Leistungen.

II. Auf Grund des § 6 Abs. 1 des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maasseinheiten, vom 1. Juni 1898 werden die äussersten Grenzen der bei gewerbsmässiger Abgabe elektrischer Arbeit zu duldenden Abweichungen der Elektrizitätszähler von der Richtigkeit wie folgt bestimmt:

1. *Gleichstromzähler.*

a) Die Abweichung der Verbrauchsanzeige nach oben oder nach unten von dem wirklichen Verbrauche darf bei einer Belastung zwischen dem Höchstverbrauche, für welchen der Zähler bestimmt ist, und dem zehnten Theile desselben nirgends mehr betragen, als sechs Tausendtel dieses Höchstverbrauchs vermehrt um sechs Hundertel des jeweiligen Verbrauchs und ferner bei einer Belastung von ein Fünfundzwanzigstel des obigen Höchstverbrauchs nicht mehr als zwei Hundertel des letzteren.

Auf Zähler, die in Lichtanlagen verwendet werden, finden diese Bestimmungen nur insoweit Anwendung, als die anzuzeigende Leistung nicht unter 30 Watt sinkt.

b) Während einer Zeit, in welcher kein Verbrauch stattfindet, darf der Vorlauf oder der Rücklauf des Zählers nicht mehr betragen, als einem halben Hundertel seines oben bezeichneten Höchstverbrauchs entspricht.

2. *Wechselstrom- und Mehrphasenstromzähler.*

Für diese gelten dieselben Bestimmungen wie unter 1, jedoch mit der Maassgabe, dass, wenn in der Verbrauchsleitung zwischen Spannung und Stromstärke eine Verschiebung besteht, der nach 1a) ermittelte Fehler in Hundertel des jeweiligen Verbrauchs umgerechnet und der entstehenden Zahl der Hundertel die doppelte trigonometrische Tangente des Verschiebungswinkels hinzugefügt wird. Dabei bedeutet der Verschiebungswinkel den Winkel, dessen Kosinus gleich dem Leistungsfaktor ist. Alle zur Berechnung der Fehler dienenden Grössen sind mit dem gleichen Vorzeichen zu nehmen.

Referate.

Refraktion innerhalb des Fernrohres.

Von J. Renton. *Nature* **63.** *S. 334. 1901.*

Die Ablesungen des Meridiankreises bei direkter Beobachtung eines Sternes und bei Beobachtung seines Spiegelbildes im Quecksilberhorizont zeigen bekanntlich in der Regel nicht die Uebereinstimmung, die man erwarten möchte. Ein Theil der mangelhaften Uebereinstimmung fällt jedenfalls der Biegung des Rohres zur Last, die wegen der möglicherweise vorhandenen Inhomogenität des Materials nicht genau dem Sinus der Zenithdistanz proportional ist, wie immer angenommen wird. Zum andern Theil wird die Uebereinstimmung wahrscheinlich gestört — und darauf weist Verfasser in dem vorliegenden Artikel hin — durch die im Innern des Fernrohres auftretende unregelmässige Refraktion.

Der Berechnung der Refraktionstafeln ist der normale Fall zu Grunde gelegt, dass die Dichtigkeit der Luftschichten von unten nach oben abnimmt, und dieser normale Zustand wird auch im Meridiansaal herrschen, zumal wenn man durch gehörige Lüftung desselben vor Beginn der Beobachtungen einen Ausgleich der inneren und äusseren Luft herbeizuführen strebt. Nicht aber wird diese normale Luftschichtung im Innern des Fernrohres vorhanden sein. Die nach oben gekehrte Rohrhälfte wird durch Ausstrahlung nach der Spaltöffnung hin kühler werden als die untere, gegen welche die Strahlung des warmen Fussbodens gerichtet ist. Die im idealen Fall im Fernrohr horizontal liegenden Luftschichten konstanter Dichte erfahren daher von der Seite aus eine Abkühlung, welche in unmittelbarer Nähe des Rohres natürlich am grössten ist und nach dem Innern zu abnimmt. Die Luftschichten konstanter Dichte werden in Folge dessen nicht mehr horizontal, sondern mehr oder weniger geneigt liegen, und die vom Objektiv kommenden Lichtstrahlen werden in anderer Weise gebrochen, als es im idealen Fall stattgefunden hätte.

Ferner wird das dem Spalt nähere Ende des Fernrohrs sich mehr abkühlen als das entferntere. Im oberen Theil des Fernrohres wird demnach die Störung der horizontalen Lage der Luftschichten eine beträchtlichere sein als im unteren Theil. Bei direkter Beobachtung wird daher die Refraktionsstörung hauptsächlich in der Nähe des Objektives eintreten, bei indirekter Beobachtung dagegen hauptsächlich erst in der Nähe des Okulars. Nun wird aber das Sternscheibchen von der richtigen Stelle um so weiter entfernt zu liegen kommen, je näher die Störung dem Objektiv ist, weil der gestörte Strahl von dem normal verlaufenden bis zur Erreichung der Brennebene einen um so grösseren linearen Abstand erlangen kann, je weiter die Störung zurück liegt. Es wird also bei direkter Beobachtung eine grössere Abweichung in der Lage des Bildes eintreten als bei indirekter Beobachtung.

Es wird auch nicht gleichgültig sein, ob das direkte oder das indirekte Bild zuerst beobachtet wird. Denn vor der ersten Beobachtung wird das Fernrohr eine längere Zeit in seiner Lage verharrt haben, der schädliche Einfluss der seitlichen Abkühlung also ein viel wirksamerer geworden sein als vor der zweiten Beobachtung, die unmittelbar nach der Neueinstellung des Fernrohres erfolgt.

Bei der Bestimmung der Biegung der Durchgangsrohre zeigte sich auf der Greenwicher Sternwarte ein systematischer Unterschied, wenn die beiden Kollimatoren durch die Oeffnung des Kubus des Fernrohrs auf einander gerichtet wurden und wenn das letztere ganz aus dem Weg heraus gebracht worden war. Verfasser ist der Ansicht, dass bei Anstellung der Beobachtung nach ersterer Art die Luft in den beiden Rohrhälften nicht von gleicher Temperatur sei, und dass die in der unteren Hälfte befindliche, etwas wärmere Luftsäule oben nicht durch eine Ebene, sondern durch eine Kugelkalotte begrenzt sei, bei deren Durchdringung der zwischen den beiden Kollimatoren verlaufende Lichtstrahl eine Ablenkung erfahre. Ebenso hätte die Bestimmung des Kollimationsfehlers bei der einen und der anderen Anordnung einen systematischen Unterschied ergeben.

Verf. kommt zu dem Schluss, es müsse für Zirkulation der Luft in den Durchgangsfernrohren gesorgt werden. Wie den Lesern dieser Zeitschrift wohl bekannt sein wird, hat Repsold die vom Verfasser hervorgehobene Fehlerquelle durch eine dem Durchgangsrohr gegebene doppelte Wandung zu beseitigen gesucht. *Kn.*

Patent-Kreisrechenschieber zum Distanz- und Höhenmessen.

Nach einem Prospekt.

Den geradlinigen Tachymeterschiebern, die seit Eschmann-Wild und Porro in so grosser Zahl immer wieder erfunden werden, sind bald auch Tachymeterschieber in Kreisform (einer der ersten der von Miller in Innsbruck) und in Walzenform (z. B. von Bauinspektor Koch in Darmstadt) gefolgt. Ein Instrument der zweiten der genannten Formen liegt in dem hier angezeigten vor, das Gebr. Fromme (Wien, Universitätsstr. 12) nach Angaben des österreichischen Forstmeisters F. Riebel anfertigen.

Die Einrichtung ist folgende: Wenn es sich ausschliesslich oder hauptsächlich um die optisch gemessenen Horizontaldistanzen, nicht, oder nur gelegentlich und nebenbei, auch um die Höhenunterschiede handelt, so kommen nur die logarithmischen Theilungen für $E = c + k \cdot l$ und für $\cos^2 \alpha$ in Betracht; bei dem kleinern Modell trägt deshalb nur der Umfang einer Kreisscheibe die gewöhnliche logarithmische Längentheilung, ein Kreissegment die der $\log \cos^2 \alpha$ der Winkel bis 45°. Nach Einstellung des Nullstrichs auf E liest man an dem mit α bezeichneten Strich die Horizontaldistanz ab. Hier deuten nun der Erfinder und Verfertiger an (was ich sonst mich nirgends gelesen zu haben erinnere), dass man auch schon mit diesen Skalen die Höhenunterschiede rechnen kann; es ist nämlich

$$h = E \cdot \frac{1}{2} \sin 2\alpha = E \cdot \cos^2 (45^0 - \alpha) - \frac{E}{2}$$

(im Prospekt befinden sich hier Fehler) und es ist deshalb an der $\cos^2 \alpha$-Theilung ausser der Bezifferung der Theilstriche nach α auch noch eine (rothe) gegenläufige Bezifferung nach $(45^0 - \alpha)$ vorhanden. Immerhin ist diese Rechnungsweise für h selbstverständlich nur als

Nothbehelf anzusehen, zumal für kleine h, die als Differenz zweier sich wenig unterscheidender grösserer Zahlen zu bilden sind. Wenn es sich, wie gewöhnlich, bei jedem Punkt ausser um $e = E \cdot \cos^2 \alpha$ auch um h handelt, so dient zu dieser Rechnung der Höhenunterschiede beim grössern Modell die log ($\frac{1}{2} \sin 2\alpha$)-Theilung, die auf drei Kreisen für $\alpha = 0$ bis $\alpha = 45°$ aufgetragen ist: Kreis I enthält die Höhenwinkel zwischen 45° und 5° 50′, Kreis II die zwischen 5° 50′ und 0° 35′, endlich Kreis III die von 0° 35′ bis 0° 4′.

Um genauer einstellen zu können, ist hier für die innere Kreisscheibe ein Mikrometerwerk vorhanden, ferner trägt der Alhidadenarm einen über alle Theilungen wegreichenden Rahmen mit Indexstrich.

Das hier beschriebene Instrument wird, wie schon angedeutet, in zwei Ausführungen hergestellt, die eine aus Karton (Preis 5 Kr.), die andere aus Metall (mit versilberten Theilungen Preis 60 Kr., mit Feinstellung u. s. f. 100 Kr.). *Hammer.*

Fernübertragung der Angaben eines Anemometers.

Von E. Legrand. *Compt. rend.* **132.** *S. 323. 1901.*

An der Achse des Schalenkreuz-Anemometers wird ein kleiner Gramme'scher Ring befestigt, der sich zwischen den Polen eines starken permanenten Magneten dreht. Die hierdurch erzeugte elektromotorische Kraft ist der Geschwindigkeit der Achse direkt proportional und wird durch den Ausschlag eines aperiodischen Galvanometers nach Deprez-d'Arsonval gemessen. Um den Einfluss der Temperatur auf den Widerstand des Stromkreises zu eliminiren, ist der letztere ganz aus Manganin hergestellt; das Galvanometer wird empirisch geaicht. *Lck.*

Selbstthätiger Thermoregulator.

Von Ch. T. Knipp. *Phys. Rev.* **12.** *S. 47. 1901.*

Es handelt sich um einen Thermoregulator für einen elektrisch geheizten Ofen und für Temperaturen bis 380°. Da die instrumentelle Ausführung nichts Typisches bietet, genügt es hier, das Prinzip kurz darzulegen. Die durch die Verschiedenheit der Wärmeausdehnung zweier Kupfer- und Eisenstäbe erzeugte Längenänderung (Gegensatz zum Rostpendel) wird durch ein leichtbewegliches Hebelwerk auf einen Platinkontakt übertragen, dessen Schliessen und Oeffnen zunächst ein Relais erregt. Durch dieses wird ein gewöhnlicher Stromschlüssel in Thätigkeit gesetzt, welcher einen passend bemessenen Theil des eigentlichen Heizstromes zu- oder abschaltet.

Der Ofen bestand aus einem mit Asbestpappe bekleideten Luftbad aus Eisenblech, in dessen Innern die vorerwähnten Metallstäbe sich befanden; die Temperaturmessung geschah mit Hülfe eines Quecksilberthermometers. Zwei Kurven zeigen den zeitlichen Verlauf der Temperaturkonstanz im Ofen bei 25° und bei 376°. Nachdem der Thermoregulator ungefähr 20 Minuten eingeschaltet war, beträgt die Konstanz etwa ± 0,2°; die noch vorhandenen Schwankungen sind durch die bei allen derartigen Thermoregulatoren auftretenden und kaum vermeidlichen Nachwirkungen in Folge von Reibung u. s. w. verursacht. *Rt.*

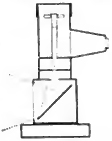
Vorrichtung zur Beobachtung von Fluoreszenz- und Opaleszenzerscheinungen.

Von M. Tswett. *Zeitschr. f. phys. Chem.* **36.** *S. 450. 1901.*

Zur Wahrnehmung von Fluoreszenzerscheinungen und zur Beobachtung optisch nicht leerer Medien hat sich der folgende einfache Apparat als ziemlich empfindlich erwiesen. Die Anordnung desselben ist aus der beistehenden schematischen Figur ersichtlich (etwa $^1/_{14}$ der natürlichen Grösse).

Die Vorrichtung besteht aus zwei übereinander gestellten, innen mattschwarz gefärbten Kästen. Der untere kubische ist einseitig geöffnet und enthält einen drehbaren Spiegel, welcher das Licht durch eine Oeffnung in den oberen Kasten reflektirt. Dieser ist mit einem Deckel verschliessbar und besitzt seitlich einen Ansatz, den Okulartubus, dessen Oeffnung von der Längsachse des Kastens in einer der mittleren deutlichen Sehweite ent-

sprechenden Entfernung liegt. Im unteren Theile dieses Kastens befinden sich zwei mit zentralen Oeffnungen von 9 und 12 *mm* Durchmesser versehene Diaphragmen, von denen das grössere obere zugleich als Stütze für das Probirröhrchen dient, in welches die zu untersuchende Flüssigkeit gebracht wird. Das Probirröhrchen wird oben mittels eines durchbohrten, auf einer horizontalen Achse befestigten Korkes aufrecht gehalten.

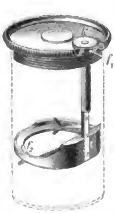


Das auf den konvexen Grund des Probirröhrchens fallende Lichtbündel wird von demselben wie von einer Sammellinse gebrochen, und man erhält daher in der Flüssigkeit, falls dieselbe luminiszent oder opaleszent ist, einen leuchtenden Kegel. Da alles fremde Licht vollständig abgehalten wird, so kann man auch sehr schwache Lichtemissionen ermitteln.

Ausser direktem Sonnenlicht kann als gewöhnlich genügende Lichtquelle Auer-Licht dienen, das mittels eines mit Wasser gefüllten Glaskolbens konzentrirt wird. *Schck.*

Neues Mikrometerokular.

Von L. Malassez. *Compt. rend.* ***132.*** *S. 405. 1901.*



Durch Drehen des Knöpfchens k (vgl. die Figur) wird die Mikrometerplatte behufs Fokusirung auf- und niedergeschraubt. Die richtige Stellung lässt sich mit Hülfe der Millimetertheilung t und der Untertheilung auf dem Knöpfchen genau bestimmen und leicht wiederfinden; zur Arretirung dient die Feder f_1. Das Mikrometerplättchen wird auf dem Träger durch zwei Federn f_2 gehalten, sodass es bequem ausgewechselt werden kann. Unter dem Träger können in derselben Weise verschiedene Blenden angebracht werden. Als Vortheile dieses Okulars werden hervorgehoben, dass die Stellung der Linsen zu einander unverändert bleibt, und dass die Anbringung von Hülfsapparaten über dem Okular die Einstellung nicht behindert. *A. K.*

Kontaktgoniometer und Transporteur einfacher Konstruktion.

Von S. L. Penfield. *Zeitschr. f. Krystallogr. u. Miner.* ***33.*** *S. 548. 1900.*

Die beschriebenen Instrumente sind aus dem Wunsch entstanden, genaue und brauchbare Vorrichtungen zu konstruiren, deren Herstellungskosten so gering wären, dass jeder Studirende sich derselben beim krystallographischen Unterricht bedienen würde. Das Goniometer Modell A besteht aus zwei Theilen, einem Schenkelpaar (Fig. 1) und einem in Grade

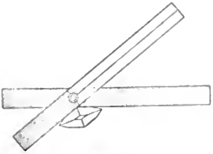


Fig. 1.

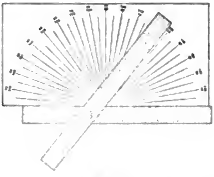


Fig. 2.

getheilten Halbkreis auf Bristol-Karton (Fig. 2). Jedes Instrument besitzt zwei solche Schenkelpaare, von denen das eine Paar aus Streifen von Hartfaser, das andere aus einem Streifen von Hartfaser und einem Streifen von durchsichtigem Zelluloid hergestellt ist; das eine Ende von letzterem Streifen ist geschwärzt, während auf die untere Seite des anderen Endes eine feine schwarze Linie parallel den Kanten gezogen ist. Zum Messen

eines aufgewachsenen Krystalls oder eines einspringenden Winkels können die Enden eines Armpaares entsprechend abgeschnitten sein.

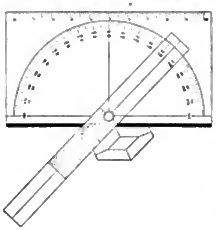


Fig. 3.

Bei dem Goniometer Modell *B* (Fig. 3) ist die untere Kante des Halbkreises geschwärzt, um die genaue Berührung mit der Krystall- oder Modellfläche leicht zu erkennen. Zum bequemen Entwickeln krystallographischer und mathematischer Beziehungen ist auf der oberen Kante eine Zentimeterskale angebracht. Ein mit dem Modell *B* im Wesentlichen übereinstimmendes Instrument empfiehlt der Verf. als Transporteur, um zwei Linien zu zeichnen, die sich unter einem gegebenen Winkel schneiden sollen. Da der Karton nur etwa 0,5 *mm* dick ist, so kann eine Linie mit grosser Genauigkeit der Kante entlang gezogen werden.

Die Instrumente können von The Tuttle, Morehouse & Taylor Co., New Haven, Conn., bezogen werden.

A. K.

Falsche Spektra beim Rowland'schen Konkavgitter.

Von Th. Lyman. *Phys. Rev.* ***12.*** *S. 1. 1901.*

Gelegentlich der Untersuchung des ultravioletten Spektrums mit Hülfe des Konkavgitters beobachteten der Verf. u. E. H. Colpitts falsche Spektra von grosser Helligkeit und Schärfe. Wurde mit Magnesiumlicht gearbeitet, so bemerkte man jenseits der Gruppe bei 0,279 μ ähnlich aussehende Gruppen bei 0,1873 μ und 0,0924 μ. Die Brechbarkeit des Lichtes wurde mit einem Quarzprisma untersucht und war für die drei Gruppen die gleiche. Ein zweites Gitter zeigte die Nebengruppen bei 0,1728 und bei 0,1079 μ, ein drittes Gitter überhaupt nicht, ein viertes bei 0,1870 und 0,0924 μ, jedoch ausserdem schwächere zwischen diese Lagen verstreute Wiederholungen. Eine bestimmte Abhängigkeit von dem Krümmungsradius und der Gitterkonstante besteht nicht, doch scheinen bei Gittern mit langem Radius die falschen Spektra schwächer zu sein. Die Ursache kann nicht in lokalen Unregelmässigkeiten des Gitters gesucht werden, sondern wahrscheinlich in dem Umstande, dass die Breite und der Abstand der Linien über die ganze Ausdehnung des Gitters variiren. Da die experimentelle Untersuchung keine einfachen Gesetze erkennen liess, verzichtete der Verf. auf eine analytische Diskussion. Dass die falschen Spektra im Ultraviolett besonders auffallend sind, liegt daran, dass das wahre Spektrum dort keine kräftigen Linien hat.

A. K.

Neue Methode zur Bestimmung der Lage der Absorptionsbanden im Spektrum.

Von C. Camichel und P. Bayrac. *Compt. rend.* ***132.*** *S. 882. 1901.*

Der Verf. charakterisirt die Lage eines Absorptionsbandes durch den Punkt, welcher die maximale Absorption aufweist, d. h. durch den dunkelsten Punkt des Bandes. Diesen Punkt findet er folgendermaassen. Er zeichnet eine Kurve, indem er als Abszissen die Wellenlängen, als Ordinaten die ihnen entsprechenden Transmissionskoeffizienten aufträgt. Dann zieht er Parallelen zur Abszissenachse, welche die Kurve schneiden, und bestimmt auf jeder derselben die Mitten zwischen den beiden Schnittpunkten. Für alle untersuchten Flüssigkeiten lagen die Mitten auf einer Geraden. Die Abszisse des Punktes, in welchem diese Gerade die Kurve schneidet, giebt mit grosser Genauigkeit die Lage des Absorptionsmaximums.

Der Transmissionskoeffizient wurde mit Hülfe eines Spektralphotometers (mit vier Flintprismen) bestimmt.

Um von der Genauigkeit der Methode einen Begriff zu geben, möge angeführt sein, dass der Verf. angiebt, er könne die Lage des vom rothen Ende des Spektrums aus ersten Absorptionsbandes des Blutes bis auf $^1/_{10}$ des Abstandes der *D*-Linien genau bestimmen.

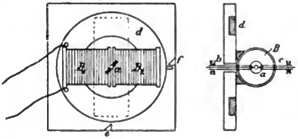
Mit Hülfe dieser Methode, welche die „Methode des geraden Durchmessers" genannt wird, gelingt es den Verf. Ortho- und Metaverbindungen des „Indophenols" zu unterscheiden. Bei gewissen Orthosubstitutionen verschiebt sich das Absorptionsmaximum viel stärker als bei den entsprechenden Metasubstitutionen. *P. Culmann.*

Eine direkte Methode für Wechselstromanalyse.

Von Th. Des Coudres. *Elektrotechn. Zeitschr.* **21.** *S. 752 u. 770. 1900.*

Des Coudres hat nach einer früher von ihm vorgeschlagenen Methode (vgl. *diese Zeitschr.* **19.** *S. 125. 1899*) experimentell die einen Wechselstrom darstellende Fourier'sche Reihe ermittelt.

A. Versuche mit Zeiger-Wattmeter. Als Dynamometer diente ein Torsionswattmeter von Ganz & Co., in dessen feste Hauptstromspule (für 5 Amp. maximalen Strom) der zu analysirende Wechselstrom geschickt wurde. In der beweglichen Spule, die für einen maximalen Strom von 0,13 Amp. eingerichtet war, floss ein einem Sinusinduktor entnommener Sinusstrom. Der Sinusinduktor bestand aus einer flachen Kupferdrahtspule *a* (s. die Figur), die in dem homogenen Felde der Solenoide B_1 und B_2 um eine horizontale Achse *b c* rotirte. Die Spule *a* war auf ein Hartgummischeibchen von 2 *cm* Durchmesser und 1 *cm* Breite aufgewunden; sie besass 500 Windungen 0,3 *mm* dicken Drahtes. B_1 und B_2 hatten jede 7 *cm* lichten Durchmesser und 10 *cm* Länge und waren mit zwei Lagen Kupferdraht von 1,5 *mm* Durchmesser bewickelt. Sie waren auf einer drehbaren Scheibe befestigt, sodass die Richtungen der Spulenachsen in den durch die Anschläge *e* und *f* begrenzten Stellungen einen Winkel von 90 Grad miteinander bildeten. Die Achse *b c* wird mittels eines Zahnrädervorgeleges mit der Achse der Dynamomaschine gekuppelt, welcher der zu analysirende Strom entnommen wird. Es wurde dazu das Zahnrädervorgelege zu dem Franke'schen Kurvenindikator[1]) benutzt, mittels dessen die Tourenzahl der Wechselstrommaschine in ganzzahligen Abstufungen auf das Zehnfache übertragen werden konnte.



Namentlich bei den hohen Tourenzahlen bereitete die Abnahme der in der Spule *a* erzeugten Wechselströme Schwierigkeiten. Am besten bewährte es sich, die beiden Drahtenden auf beiden Seiten achsial austreten zu lassen und in je eine Quecksilberkammer zu führen; die Einführung in die Kammer erfolgte durch Elfenbeinringe. Es erwies sich als nothwendig, die Drahtenden mit Lack zu überziehen, nur die äusserste Spitze durfte blank und amalgamirt sein.

Als Energiequelle für den zu analysirenden Wechselstrom diente eine $3^1/_2$-pferdige vierpolige Schuckert'sche Maschine, die so geschaltet wurde, dass *einer* Umdrehung der Dynamo *eine* Wechselstromperiode entsprach. Die Maschine wurde mit der langsamen Achse des Rädervorgeleges durch eine Stahlwelle von 6 *mm* Durchmesser und 20 *cm* Länge gekuppelt. Der Strom für die feststehende Spule des Sinusinduktors wurde von Akkumulatoren geliefert. Die induzirte Stromstärke wurde aus Tourenzahl und Erregerstrom berechnet. Es werden dann bei den verschiedenen Uebersetzungsverhältnissen $p = 1, 2, 3 \ldots$ der Zahnradübertragung die Wattmeterausschläge bei horizontaler (α_p) und bei vertikaler Stellung (β_p) der Feldspulen abgelesen. Bedeutet dann H_p die Amplitude des in der beweglichen Spule erzeugten Sinusstromes von der Ordnungszahl p, ψ_p seine Phase, so erhält man Amplitude und Phase des p-ten Obertones durch die Gleichungen

$$I_p = \frac{2c}{H_p} \sqrt{\alpha_p^2 + \beta_p^2}; \quad \varphi_p = \operatorname{arc\,tg} \frac{\beta_p}{\alpha_p} + \psi_p .$$

[1]) Vgl. *diese Zeitschr.* **21.** *S. 19. 1901.*

Um die Phase φ_p richtig zu bestimmen, bedarf es eingehenderer Ueberlegungen, die hier übergangen werden mögen.

B. Versuche mit einem Friese'schen Spiegelwattmeter. In Folge der grossen Empfindlichkeit des Spiegelinstrumentes (vgl. *diese Zeitschr.* **16.** *S. 29. 1896*) genügen für die bewegliche Spule so kleine Ströme, dass zu ihrer Erzeugung ein Sinusinduktor nach Kohlrausch ausreicht. Es rotirte ein in Richtung eines Durchmessers magnetisirtes Stahlrädchen (6 *mm* dick, 2 *cm* Radius) im Innern einer Multiplikatorrolle. Zwei derartige Induktoren wurden mit der Maschine gekuppelt, und zwar lief der eine mit der Periodenzahl n, der andere mit der Periode $p \cdot n$. Sind diese beiden Induktoren und die bewegliche Spule des Dynamometers in Serie geschaltet, so wirkt der Hülfsstrom von der Frequenz n lediglich auf das Grundglied des Hauptstromes, der Hülfsstrom von der Frequenz $p \cdot n$ auf den p-ten Oberton.

Beobachtet man nun die Ausschläge des Dynamometers bei horizontaler und vertikaler Lage der Induktorspule, sowie beim Kommutiren des Hülfsstromes der Frequenz $p \cdot n$, so sind die Ausschläge

$$\alpha_1 + \alpha_p\,,\quad \beta_1 + \beta_p$$
$$\alpha_1 - \alpha_p\,,\quad \beta_1 - \beta_p$$

zu setzen, sodass $\alpha_1\ \alpha_p\ \ \beta_1\ \beta_p$ berechenbar sind.

Weiter ist

$$\frac{I_p}{I_1} = \frac{\sqrt{\alpha_p^2 + \beta_p^2}}{\sqrt{\alpha_1^2 + \beta_1^2}} \cdot \frac{H_1}{H_p}\,.$$

Um H_1/H_p zu finden, lässt man den zweiten Induktor zuerst ebenfalls mit der Tourenzahl n laufen, α_p und β_p mögen dann die Werthe $\alpha_1'\ \beta_1'$ annehmen, und es ist

$$\frac{H_1}{H_p} = \frac{p\sqrt{\alpha_1^2 + \beta_1^2}}{\sqrt{\alpha_1'^2 + \beta_1'^2}}\,.$$

Die nach diesem Verfahren analysirten Wechselströme wurden andererseits mit dem Franke'schen Apparat[1]) aufgenommen und mit einem Henrici'schen harmonischen Analysator zerlegt. Die auf beiden Wegen gewonnenen Resultate stimmen gut miteinander überein. *E. O.*

Kompensationsapparat von Carpentier.

Nach *L'Électricien* **21.** *S. 1. 1901.*

Bei den Kompensationsapparaten kommt es darauf an, dass beim Messen von verschiedenen Spannungen der Gesammtwiderstand des Apparates nicht geändert wird. Carpentier benutzt hierzu den von Raps vorgeschlagenen Weg (vgl. *diese Zeitschr.* **15.** *S. 215. 1895*).

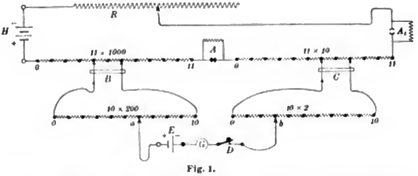


Fig. 1.

Als Hülfsstromquelle H (Fig. 1) dienen ein oder zwei Akkumulatoren. Diese sind geschlossen durch einen Vierkurbelrheostaten R von 20000 Ohm Gesammtwiderstand, der in Abstufungen von 1 Ohm regulirbar ist, durch einen Widerstand von 10000 Ohm (der mittels eines Umschalters entweder an die Stelle A oder die Stelle A_1 des Stromkreises gebracht werden kann), durch 11 Spulen von je 1000 und 11 Spulen von je 10 Ohm Widerstand. Mittels einer Doppelkurbel B kann zu irgend zwei Spulen der Tausender-Reihe ein

[1]) Vgl. *diese Zeitschr.* **21.** *S. 11. 1901.*

Nebenschluss von 10 Spulen zu je 200 Ohm gelegt werden, sodass der Gesammtwiderstand der 11 Spulen mit dem Nebenschluss 10000 Ohm beträgt. In gleicher Weise sind zu zwei Spulen der Zehner-Reihe 10 Spulen zu je 2 Ohm parallel geschaltet, sodass diese 11 Spulen mit Nebenschluss den Gesammtwiderstand 100 Ohm besitzen. Zwei Kurbeln, die von je einem der Nebenschlüsse *B* und *C* abzweigen, führen zu dem Kompensationskreis, der einen Schlüssel *D*, ein Galvanometer *G* und ein Normalelement *E*, bezw. die zu messende Spannung enthält. Mittels des Rheostaten *R* und des Normalelementes giebt man dem Hülfsstrom im Kompensationsapparat einen runden Werth, z. B. 0,0001 Amp. Hat man Spannungen zu messen, die kleiner als 1 Volt sind, so schaltet man durch einen Umschalter den Widerstand von 10000 Ohm an die Stelle A_1; für Spannungen bis zu 2 Volt wird er an die Stelle *A* zwischen die Serie der 1000 und 10 Ohm-Spulen geschaltet. Die Einstellungen der Kurbeln *B a C b* geben dann die zehntel, hundertel, tausendtel und zehntausendtel Volt an.

Für die Messung der Spannungen von 2 bis 600 Volt ist ein in Unterabtheilungen getheilter (in Fig. 1 nicht gezeichneter) Widerstand R^1 von 300000 Ohm vorgesehen, an den die zu messende Spannung gelegt wird. Es wird dann in der oben beschriebenen Weise der Spannungsabfall in 1000 Ohm dieses Widerstandes gemessen. Durch eine Kurbel werden von diesem Widerstand eingeschaltet

3000	Ohm	für Spannungen	bis	6	Volt
10000	„	„ „	„	20	„
30000	„	„ „	„	60	„
100000	„	„ „	„	200	„
300000	„	„ „	„	600	„

Die äussere Gestalt des Apparates (Fig. 2) erinnert an die Form der Rechenmaschine „Brunsviga“. Auf dem Deckel befinden sich die Anschlussklemmen für die Hülfsbatterie, das Galvanometer, das Normalelement, die unbekannten Spannungen, und zwar gesondert für Spannungen *x* kleiner als 2 Volt und für Spannungen *X* grösser als 2 Volt. Weiter erblickt man links einen Doppelhebelschalter mit 2 × 3 Kontaktknöpfen für das Normalelement und die Spannungen *x* und *X*. Rechts befindet sich die Kurbel, welche die Hülfswiderstände R^1 bis 300000 Ohm zur Messung der Spannungen *X* einschaltet. Dazwischen sind die in Fig. 1 mit *R* bezeichneten Kurbelwiderstände untergebracht. Auf der vorderen Zylinderfläche erblickt man vier Knöpfe, welche die Kurbeln und Doppelkurbeln *B a C b* bedienen. Links ist der Umschalter $A A_1$ für die 10000 Ohm und rechts der Taster für das Galvanometer angebracht; der letztere schliesst im Ruhezustand das Galvanometer kurz. Beim Niederdrücken wird zunächst ein Ballastwiderstand von 100000 Ohm vor das Galvanometer geschaltet und erst, wenn man den Taster noch weiter herunterdrückt, ist das Galvanometer mit der vollen Empfindlichkeit eingeschaltet.

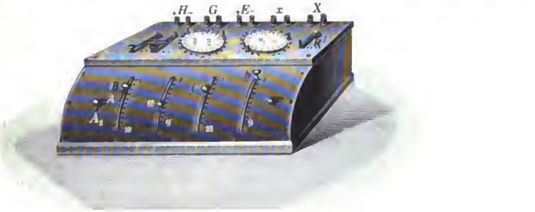


Fig. 2.

Der Nachtheil der Carpentier'schen Ausführungsform des Raps'schen Kompensators dürfte darin bestehen, dass die Kontakte der Kurbeln *B a C b* für die gelegentliche Reinigung der Schleifflächen nicht leicht zugänglich sind. *E. O.*

Saitenunterbrecher.

Von K. Honda und S. Shimizu. *Amer. Journ. of Science* **10.** *S. 64. 1900.*

Ein Kupferdraht ist auf der einen Seite im Punkte *S* (Fig. 1) befestigt, das andere Ende ist über eine Rolle *P* geschlungen und mit dem Gewichte *Q* belastet. Im Mittelpunkt *R* des Drahtes sind die beiden Hälften von einander isolirt. Dies ist in der Weise erreicht, dass ein mit Seide besponnener Draht in zwei Theile geschnitten wird und dass die Enden desselben in der durch Fig. 2 dargestellten Weise auf etwa 1 *cm* Länge mit einander verdrillt werden. Das verdrillte Stück wird mit Seidenfaden fest umwickelt, während von dem übrigen Draht die Umspinnung abgeschabt wird. An dem Draht sind vier Kontaktstifte M_1 M_2 m_1 m_2 angelöthet. Während die Stifte m_1 m_2 dauernd in die zugehörigen Quecksilbernäpfe eintauchen, bewirken die Stifte M_1 M_2 an ihren Quecksilbernäpfen beim Schwingen der Saite Unterbrechungen. *n* und *s* sind die Pole zweier Magnete oder Elektromagnete.

Der eine Pol einer Akkumulatorenbatterie ist mit den Punkten *S* und *P* verbunden, der andere mit den Quecksilbernäpfen M_1 M_2, während die Näpfe m_1 m_2 unter sich verbunden sind. Man versetzt die Saite in Schwingungen, sodass in *R* ein Knoten entsteht.

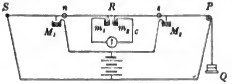


Fig. 1.


Fig. 2.

Taucht also der Stift M_1 in das Quecksilber, so ist bei M_2 der Strom unterbrochen und umgekehrt. Die elektrodynamische Wirkung der Magnetpole *n s* auf die Ströme in der Saite dient in der zuerst von Arons angegebenen Weise zum Antrieb. Man erkennt nun, dass in dem Leiterstück m_1 *c* m_2 der Strom abwechselnd in der einen und der andern Richtung fliesst. Man erhält also mit diesem Unterbrecher nicht unterbrochenen Gleichstrom, sondern wirklichen Wechselstrom.

Nach Angabe der Verfasser kann man durch geeignete Gewichte die Schwingungen von 30 bis 1000 in der Sekunde steigern. Bei der Schwingungszahl 1000 pflegen nun schon die gewöhnlichen Saitenunterbrecher nicht mehr sicher zu arbeiten; dies wird bei einer Saite, die mit einem Knoten in der Mitte schwingt, noch viel stärker der Fall sein. Es will dem Ref. zweckmässiger scheinen, den Hebel *S P* aus starrem Material anzufertigen und im Mittelpunkt *R* an einer senkrecht zur Zeichenebene gespannten Saite zu befestigen. Lässt man letztere Torsionsschwingungen ausführen, so ist das Spiel des Unterbrechers dasselbe, wie vorher (vgl. *diese Zeitschr.* **21.** *S. 112. 1901).* *E. O.*

Neu erschienene Bücher.

P. Uhlich, Lehrbuch der Markscheidekunde. gr. 8°. IX, 402 S. m. 482 Fig. Freiberg, Craz & Gerlach 1901. 14,00 M.

Der Verf., Prof. der Markscheidekunde an der Bergakademie in Freiberg, sucht eine vollständige Uebersicht des Gebiets zu geben, wobei er aus der Geodäsie manches voraussetzt; er sagt im Vorwort, es seien „beispielsweise die Methoden der Theodolitmessungen, wie Vorwärtseinschneiden, Seitwärtsabschneiden, das Pothenot'sche (noch immer! D. Ref.) und Hansen'sche Verfahren, das Nivellement und die Tachymetrie als bekannt vorausgesetzt“, auch z. B. von den Planimetern heisst es nur gelegentlich von Massenberechnungen *S. 328*, dass sie „ja bekanntlich den Flächeninhalt einer beliebig begrenzten Fläche durch einfaches Umfahren der Begrenzung derselben mit grosser Genauigkeit liefern“. Wie andere Lehrbücher der Markscheidekunst kommt auch das vorliegende mit diesen Voraussetzungen

da und dort in Konflikt mit seinem Stoff. Wenn die trigonometrische Punktbestimmung, Nivellement und Tachymetrie „bekannt“ sind, dann braucht man doch nicht mehr in elementarer Form die Einrichtung der verschiedenen Fernrohre, den Nonius und die andern Ablesemittel an Theilungen (das Skalenmikroskop erscheint immer noch, nach Jordan u. s. f., als Schätzmikroskop, was aller Analogie in der Wortbildung widerspricht), die Libellen und ähnliche Dinge vorzuführen. Es wären dafür vielleicht in andern Beziehungen Einleitungen geboten gewesen: *S. 41* taucht der mittlere Fehler einer Messung, der des arithmetischen Mittels, die Bezeichnung [*vv*] auf, ohne dass ein Wort der Erläuterung sich vorher findet, *S. 98* erst ist bei Gelegenheit der Längenmessung die Rede von einseitigen Fehlern und von „den zufälligen oder unvermeidlichen Messungsfehlern“, für die bei der Längenmessung „nach den Lehren der Meth. d. kl. Qu.“ die und die Gleichung gelte. Oder: *S. 15* und *16* werden die Formeln zur Rechnung mit rechtwinkligen *sphärischen* Koordinaten aufgestellt ohne irgendwelche Begründung (die also auch aus der Geodäsie vorausgesetzt wird) und *S. 18* giebt ein Rechnungsbeispiel dazu. Die Bezeichnungen sollten manchmal besser gewählt sein (z. B. steht *S. 15* in derselben Gleichung ϱ als Halbmesser der Vermessungskugel und ϱ'' als $\frac{180}{\pi}\cdot 60\cdot 60$ Bogensekunden), ebenso lässt die Ausdrucksweise vielfach an Präzision zu wünschen übrig oder führt zu falschen Vorstellungen (z. B. soll *S. 20* das Meter „in Folge eines Rechnungsfehlers nicht genau der zehnmillionste Theil des Erdquadranten“ sein; was soll der Satz *S. 98* bedeuten: „der wirklich vorkommende Fehler beträgt nun, ebenfalls nach der Ausgleichungsrechnung, den vierfachen Werth vom mittleren Fehler“; *S. 146* sind beim „Theodoliten die Kreise durchlaufend getheilt“ [beziffert]).

Alle diese kleinen Ausstellungen gelten dem *Lehrbuch*; man muss hier doch andere Ansprüche an Auswahl, Durcharbeitung und Begründung des Stoffs machen. Aber vergessen wir über ihnen die Hauptsache nicht: im Sinn unserer Zeitschrift, in Beziehung auf Beschreibung und Abbildung der Instrumente (482 Fig. auf 402 S.!) und ihrer Bestandtheile, auf elementare Theorie und Berichtigung oder Berechnung der Fehlereinflüsse, ist das Buch zu loben. Die Figuren, z. Th. ausgeführt, z. Th. halbschematisch, sind zweckmässig und deutlich; sie halten sich an den reichen in Freiberg vorhandenen Schatz, „wo die Markscheidekunde von Alters her auf einer hohen wissenschaftlichen Stufe gestanden hat“ und wo die „Wissenschaft und Feinmechanik Hand in Hand gearbeitet haben“. Da und dort kommen dann aber doch Freiberg gegenüber Andere etwas zu kurz. Z. B. hätte bei Erwähnung der Steckhülseneinrichtung, Fig. 309 und 310, Breithaupt als Erfinder nicht wegbleiben sollen; auch sei der Bemerkung des Verf. gegenüber, dass bei den Steckhülsen die Anhaltepunkte für die Längenmessung fehlen, darauf hingewiesen, dass Breithaupt in seinem bekannten Aufsatz über „die Breithaupt'sche Aufstellung“ bereits angegeben hat, dass man ganz wohl statt der Signalzapfen auch Seilzapfen zum Anhängen der Kette einsetzen könnte. Besonders empfehlenswerth wäre freilich diese Einrichtung auch nach der Ansicht des Ref. nicht; dagegen ist um so empfehlenswerther, das Fernrohr mit Distanzfäden zu versehen und die Streckenmessung optisch zu machen. Der Verf. hält die Distanzmessung für zu sehr untergeordnet; es giebt heute genug Ingenieure, die der Präzisionstachymetrie deshalb das Wort reden, weil man damit der „ungenauen direkten Längenmessung“ entgehe. *S. 201* erwähnt der Verf. nur, dass die Genauigkeit der Entfernungsbestimmung auf tachymetrischem Wege keine grosse sei und dass deshalb die distanzmessenden Fernrohre fast nur zu Aufnahmen über Tag verwendet werden. Die Hauptkonstante sei 100 oder 200, sodass (im ersten Fall), *S. 202*, ein Millimeter Fehler in der Bestimmung des Lattenabschnitts bereits einen Fehler von 0,1 *m* in der Entfernung hervorrufe. Man muss hier doch fragen: warum nimmt man bei den in der Grube doch meist kurzen Zielungen nicht die Konstante kleiner, z. B. 50 oder selbst 20, womit die Genauigkeit aufs doppelte oder selbst 5-fache steigt? oder warum verfeinert man nicht allgemein die Lattenskale bei diesen kurzen Seitenlängen? Mit einer Milchglasskale von Breithaupt mit 2 *mm*-Theilung und konischem Zapfen zum Einstecken in die Steckhülse hat der Ref. für kurze Strecken Genauigkeiten erhalten, die denen der gewöhnlichen direkten Streckenmessung mindestens ebenbürtig sind.

Mit verhältnissmässig grosser Vollständigkeit werden, wie schon angedeutet, Gradbogen und Hängekompass, für feinere Messung Theodolit und Nivellirinstrumente behandelt; beim Theodolit hat es den Ref. gefreut zu sehen, dass sich der Verf. seiner (mit aus Anlass eines frühern Aufsatzes des Verf. entstandenen) Betrachtungsweise des Einflusses eines Fehlers der Ziellinie des Theodolits auf die Horizontalprojektion einer Richtung angeschlossen hat (*S. 159*, Tabelle *S. 161*; vgl. dazu Hammer, *Zeitschr. f. Vermess.* **29.** *S. 97. 1900*).

Beim Zulegen (Kap. VIII) mit Hülfe des „Kompasses" ist die einfache Einrichtung des Parallellineals an der Zulegekante, die das lästige und zeitraubende Zentriren der Kante erspart, nicht erwähnt; der Ref. hat diese Einrichtung beim Auftragen von Bussolenzügen (bei der Waldtachymetrie) in Württemberg eingeführt und sehr förderlich gefunden.

Bei den Anschluss- und Orientirungsmessungen (Kap. IX) werden neben den Theodolitmessungen die Orientirungsmessungen mit Hülfe der Magnetnadel und dabei die verschiedenen Deklinatorien etwas kurz behandelt.

Besondres Interesse wird in Deutschland, wie der Verf. mit Recht vermuthet, der umfangreiche XI. Abschnitt (*S. 329 bis 395*) finden, das Aufsuchen und die Feststellung der Ausdehnung von magnetischen Erzlagerstätten (Methode der schwedischen Markscheider), wenn für uns die Sache auch nicht ganz dieselbe Bedeutung hat wie für Schweden mit seinen grossen magnetithaltigen Lagerstätten.

Im ganzen ist das Uhlich'sche Buch eine gewiss vielen Studirenden und Praktikern der Markscheidekunde willkommene Erscheinung, auf die ich deshalb auch hier aufmerksam machen zu sollen geglaubt habe. *Hammer.*

J. Herzog u. C. Feldmann, Handb. d. elektr. Beleuchtung. 2. Aufl. gr. 8°. XII, 619 S. m. 517 Abbildgn. Berlin, J. Springer. — München, R. Oldenbourg. 16,00 M.

A. Minet, *Traité théorique et pratique d'Électro-Métallurgie. Galvanoplastie, analyses électrolytiques, électro-métallurgie pour voie humide et sèche, travail électrique des métaux, l'électro-chimie en 1900, etc.* gr. 8°. Mit 205 Fig. Paris 1901. Geb. 17,00 M.

E. Gerard, *Mesures électriques. Leçons professées à l'Institut électrotechnique Montefiore annexé à l'Université de Liège.* 2. umgearb. u. vermehrte Ausgabe. gr. 8°. VIII, 532 S. m. 217 Fig. Paris 1901. Geb. in Leinw. 10,00 M.

P. L. Gray, *Principles of Magnetism and Electricity. Elementary textbook.* 8°. 252 S. m. Illustr. London 1901. Geb. in Leinw. 3,70 M.

J. Joubert, *Traité d'Électricité.* 4. durchgesehene u. vermehrte Ausgabe. 8°. Mit 382 Fig. Paris 1901. 7,00 M.

J. W. Rayleigh, *Scientific Papers.* 4 Bde. Bd. II: 1881—87. roy. 8°. Mit Fig. Cambridge 1901. Geb. in Leinw. 15,50 M.

Bd. I: 1869—81. 303 S. m. Fig. Geb. in Leinw. 15,50 M.

G. Sagnac, *L'Optique des Rayons de Röntgen et des Rayons secondaires qui en dérivent.* gr. 8°. Mit 91 Fig. Paris 1901. 3,60 M.

A. Berget, *La Photographie des Couleurs par la méthode interférentielle de Lippmann.* 2. gänzl. umgearbeitete Ausgabe. 8°. VIII, 74 S. m. 22 Fig. Paris 1901. 1,60 M.

C. Bach, Die Maschinen-Elemente. Ihre Berechng. u. Konstruktion m. Rücksicht auf die neueren Versuche. 8. Aufl. 2 Bde. Lex. 8°. XX, 810 u. 29 S. mit in den Text gedr. Abbildgn., 3 Texttaf. u. 57 Taf. Zeichngn. Stuttgart, A. Bergsträsser 1901. 30,00 M.; geb. in Halbfrz. 35,00 M.

W. Keck, Vorträge üb. Mechanik als Grundlage f. das Bau- u. Maschinenwesen. II. Thl.: Mechanik elastisch-fester u. flüssiger Körper. 2. Aufl. gr. 8°. X, 380 S. m. 364 Holzschn. Hannover, Helwing 1901. 12,00 M.; geb. 13,50 M.

A. Gray, *Treatise on Physics. Vol. I: Dynamics and Properties of Matter.* 8°. XXIII, 688 S. m. 350 Fig. London 1901. Geb. in Leinw. 15,40 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXI. Jahrgang. **Juli 1901.** Siebentes Heft.

Sarasin's neues selbstregistrirendes Limnimeter.

Von

Prof. Dr. **H. Ebert** in München.

Zur Aufzeichnung der wechselnden Spiegelstände von Meerestheilen und Seen sind Apparate der verschiedensten Konstruktionen bereits in Gebrauch: die Mareographen und Limnographen oder Limnimeter. Das neue selbstschreibende Instrument von Ed. Sarasin in Genf hat den speziellen Zweck, den kurzdauernden Schwankungen des Seespiegels bis in alle Einzelheiten hinein zu folgen, und damit insbesondere jene periodischen Bewegungen näher aufzuklären, wie sie neuerdings an verschiedenen Seen beobachtet wurden, nachdem sie zuerst am Genfer See durch Forel, Plantamour und Sarasin genauer studirt worden waren; sie hatten daselbst die Lokalbezeichnung der „*Seiches*" erhalten, eine Bezeichnung, welche auch für die anderen Seen, an denen dieses Phänomen entdeckt wurde, in Anwendung gebracht worden ist. Soll das Limnimeter zu dem Studium der regelmässigen stehenden Pendelschwingungen, welche oft nur von kurzer Periodendauer sind, aber die gesammte Wassermasse des Seebeckens ergreifen, besonders geeignet sein, so muss es sich verhältnissmässig leicht und schnell bald an dem einen, bald an einem anderen Uferpunkte aufstellen lassen, es muss ein *transportables* Instrument sein, damit man mit seiner Hülfe ohne zu grossen Aufwand an Zeit und Mitteln feststellen kann, wie sich die Seemasse bei der stehenden Schwingung, die sie ausführt, untertheilt, wo die Knoten und Bäuche der oszillatorischen Bewegungen liegen, ob Schwingungen mit einer Knotenlinie, uninodale, oder solche mit zwei oder mehr Knoten, binodale oder plurinodale, ausgeführt werden u. s. w. Diese Bedingung der leichten Aufstellbarkeit und des bequemen Transportes hat besondere Konstruktionseigenthümlichkeiten zur Folge gehabt; denn die meisten der bisher ausgeführten Mareographen und Limnimeter hatten die spezielle Bestimmung, dauernd an demselben Orte montirt, lange ununterbrochene Beobachtungsreihen zu ergeben. Dazu musste bei dem neuen Apparate die Empfindlichkeit möglichst gesteigert werden, da die Oberschwingungen, namentlich in kleineren Seebecken, oft nur wenige Millimeter Amplitude erreichen und sich daher bei nur geringer Trägheit des Schreibapparates oder etwas todtem Gange in den Uebertragungsmechanismen an den aufgezeichneten Kurven leicht der Wahrnehmung entziehen würden. Hr. Ed. Sarasin, der seit vielen Jahren auf dem Gebiete der Limnologie der Alpenseen mit Erfolg thätig ist, hat daher dem Problem, ein transportables selbstregistrirendes Limnimeter zu konstruiren, welches den genannten Anforderungen genügt, seine besondere Aufmerksamkeit zugewendet. Schrittweise ist unter seiner Leitung und unter der Beihülfe der *Société Génèvoise pour la construction d'instruments de physique et de mécanique* in Genf (Plainpalais) ein Apparat entstanden, der eine Menge

von Neuerungen und Verbesserungen aufzuweisen hat und der die ihm gestellten Aufgaben im vollsten Umfange zu lösen vermag. Seit dem Juli vorigen Jahres ist eines dieser neueren Instrumente am Starnberger See bei München in Thätigkeit, ein zweites, welches noch einige kleine, aber bei dem Gebrauche nicht unwesentliche Verbesserungen erhalten hat, ist im Mai dieses Jahres gleichfalls am Starnberger See aufgestellt worden. Ich habe reichliche Gelegenheit gehabt, mich von der Brauchbarkeit dieser Instrumente überzeugen zu können, und die interessanten Resultate, welche die Limnimeterkurven auch für ein so kleines Seebecken, wie unseren Starnberger See, zu Tage gefördert haben[1]), lassen den Wunsch rege werden, es möchten auch andere von den Binnenseen des Deutschen Reiches auf das *Seiches*-Phänomen hin untersucht werden; sind doch andere Länder, die Schweiz, Oesterreich, Nordamerika, neuerdings auch Italien, Russland und Japan uns in dieser Hinsicht voraus; die letztgenannten Länder haben ihre Limnimeter Sarasin'scher Konstruktion ebenfalls aus Genf bezogen.

Von dem Instrumente existirt noch keine eingehendere Beschreibung. Das Prinzip ist von Sarasin selbst früher einmal kurz beschrieben worden[2]). Diese Darstellung bezieht sich aber auf die ältere ursprüngliche einfachere Form, den wesentlichen neueren Verbesserungen ist daselbst noch nicht Rechnung getragen, die beigefügte Abbildung ist nur eine schematische. Hr. Sarasin hat mich gütigst ermächtigt, sein Instrument in allen Einzelheiten abzubilden und zu beschreiben.

Der ganze Apparat besteht aus drei Hauptheilen:

1. dem Tisch mit dem Schutzzylinder für den Schwimmer;
2. dem eigentlichen, aus Schwimmer und Gestänge bestehenden Pegelapparate;
3. dem Registrirapparate, in welchem durch ein Uhrwerk ein Papierstreifen unter dem vom Pegel geführten Schreibstifte gleichmässig durchgezogen wird, sodass eine die wechselnden Spiegelstände darstellende kontinuirliche Kurve entsteht.

Fig. 1 stellt den Apparat in perspektivischer Gesammtansicht von schräg rückwärts aus (nach photographischer Aufnahme) dar, Fig. 2a und 2b den Pegelapparat in Vorder- und Seitenansicht, endlich Fig. 3a und 3b den Registrirapparat von vorn und von oben gesehen.

1. Der *Tisch T* (Fig. 1), an bezw. auf dem das Ganze montirt ist, hat dreieckige Form und ruht auf drei starken Holzbeinen. Er wird auf der Gallerie oder im Inneren eines in den See hineingebauten Badehauses aufgestellt oder direkt auf drei Pfähle gesetzt, die in den Seeboden eingerammt sind, und mit diesen durch Eisenbänder fest verschraubt. Am vorderen Tischbein ist ein Querbalken Q_1 befestigt, dem ein zweiter Q_2 weiter unten (in der Fig. 1 nicht sichtbar) an den Galleriestützen oder dem vorderen Tragepfahl befestigter entspricht. Dieselben haben den Zweck, den aus Zinkblech gefertigten grossen Schutzzylinder S, der in Fig. 1 neben dem Tische stehend erscheint, zu halten. Der Zylinder ist 46 *cm* weit, etwa 160 *cm* hoch und hat unten im Boden eine 10 *cm* weite Oeffnung mit kurzem Rohransatz. Er wird zur Hälfte seiner Höhe in das Wasser hinabgelassen und durch zwei Eisenbänder befestigt, deren mit Gewinden versehene Enden durch Bohrungen in den Querbalken Q_1, Q_2 gesteckt und durch Muttern und Unterlegscheiben fest gegen diese gezogen werden. Der Zylinder S steht dann also wesentlich tiefer als in Fig. 1 und birgt den Schwimmer m in sich.

[1]) Vgl. H. Ebert, *Sitzungsber. d. Münch. Akad.* **30.** *S. 435. 1900.*

[2]) Ed. Sarasin, *Arch. des scienc. phys. et nat.* **2.** *Nr. 12. 1879.*

Der Zylinder hat den Zweck, die kleinen Wellen, wie sie von Wind, Dampfern oder Badenden erregt werden, von dem Pegelschwimmer *m* abzuhalten. Diese Wasserbewegungen verlaufen zu rasch, als dass sich die durch sie bewirkten Hebungen und Senkungen des Spiegels in das Innere des Zylinders in merklichem Betrage fortpflanzen könnten. Wenn sich dagegen der mittlere Spiegel langsam hebt und senkt, tritt das Gesetz der kommunizirenden Gefässe in sein Recht; diese Niveauveränderungen, die man beobachten will, haben Zeit genug, sich durch den Rohransatz und die Oeffnung am Boden des Zylinders hindurch vollkommen dem Inneren mitzutheilen. So entsteht ein Pegelbrunnen, in dem das Wasserniveau genau den Schwankungen des mittleren Seespiegels an dem betreffenden Orte folgt und der doch genügenden Schutz gegen den Wogendrang selbst bei stürmischem Wetter gewährt.

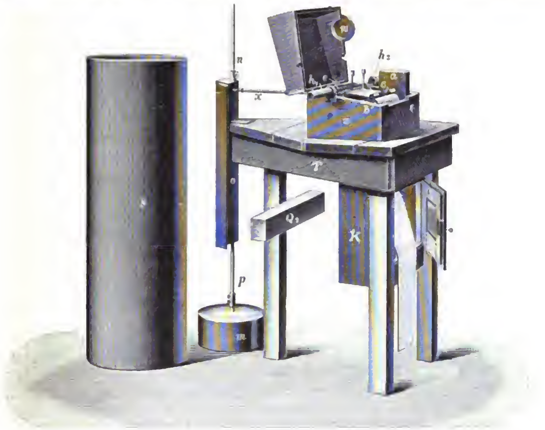


Fig. 1.

Die Platte des Tisches *T* hat eine schlitzförmige Oeffnung, unter der ein verschliessbarer Kasten *K* befestigt ist. In diesen fällt der vom Uhrwerk abgerollte Papierstreifen, der in Fig. 1 aus dem Kasten herausgezogen ist, hinein.

2. An der abgeflachten vorderen Kante der Tischplatte ist der *Pegelapparat* befestigt. Er besteht zunächst aus dem Schutzblechkasten *o*, der nach vorn durch eine verschliessbare Thüre geschlossen ist (dieselbe befindet sich in Fig. 1 links, vom Beschauer abgewandt; man sieht aber den um Scharniere beweglichen, nach hinten umgeklappten Kastendeckel). In der linken Hälfte dieses flachen Kastens (Fig. 2a) bewegt sich die vierkantige, innen hohle Führungsstange *p*, welche durch quadratische Oeffnungen in der oberen und unteren Kastenwand frei hindurchgeht. An diesen Stellen ist die Wand durch aufgelöthete Messingstücke verstärkt. Die Stange kann sich frei auf- und abbewegen, kann aber in Folge ihres viereckigen Querschnittes und der Führung nicht kanten. Durch diese Führungshülse *p* wird die

10 *mm* dicke, 2,5 *m* lange Stahlstange *n* gesteckt, an der unten der Schwimmer *m* befestigt wird. Dieser ist ein Zinkhohlkörper von 34 *cm* Durchmesser, dessen zylindrische Wand 14 *cm* Höhe hat; Boden und Deckel sind flach nach aussen gewölbt. Bei dem grossen Querschnitt von 908 *qcm* entspricht schon einer Denivellation von 1 *mm* ein Zuwachs an verdrängter Wassermasse von 91 *g* und dieser Auftrieb ist hinreichend, um die Reibungswiderstände in dem Uebertragungsmechanismus zu überwinden. Der Wasserstandszeiger ist also sehr empfindlich.

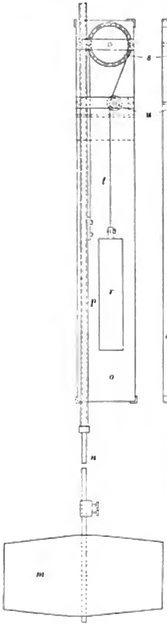


Fig. 2a.

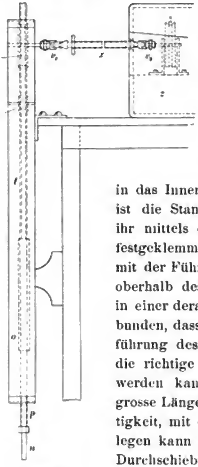


Fig. 2b.

In seiner Achse ist eine über seine Oberfläche etwas hervorragende, mit Klemmschrauben versehene Messingröhre eingelöthet, sodass nirgends Wasser in das Innere eindringen kann. Durch diese ist die Stange *n* hindurchgeschoben und in ihr mittels der oben befindlichen Schrauben festgeklemmt. Die Stange *n* ihrerseits wird mit der Führungshülse *p* (durch zwei in Fig. 1 oberhalb des Kastens *o* sichtbare Schrauben) in einer derartigen gegenseitigen Stellung verbunden, dass bei der augenblicklichen Wasserführung des Sees der Schreibstift gerade an die richtige Stelle des Papierstreifens gesetzt werden kann (s. weiter unten). Durch die grosse Länge der Pegelstange *n* und die Leichtigkeit, mit der man ihren Antriebspunkt verlegen kann (durch Lockerung der Schrauben, Durchschieben der Stange *n* durch *p* und Wiederverschraubung), ist man bei der Aufstellung des Apparates an keine bestimmte Höhe über dem Seespiegel gebunden und kann andererseits auch grossen Unterschieden in der Wasserführung leicht nachgehen, was bei einem transportablen Apparat einen nicht zu unterschätzenden Vortheil darbietet.

Die Uebertragung der auf- und abgehenden Bewegungen des Schwimmers auf den Registrirapparat geschieht in der Weise, dass diese Bewegung zunächst in eine rotirende Bewegnng umgesetzt wird. Dazu ist an der Führungsstange *p* ein Kupferband *t* befestigt, welches über die mit Rändern versehene Führungsrolle *s* und die kleine Laufrolle *u* gelegt und am anderen Ende durch das Bleigewicht *r* gespannt ist. Das Gewicht *r* ist so bemessen, dass es einem Theil der Last des Pegelapparates das Gleichgewicht hält und der Schwimmer *m* etwa nur mit dem unteren Drittel seiner Höhe eintaucht. Auftrieb des eingetauchten Theiles und Gesammtgewicht einerseits, Gegengewicht *r* andererseits halten sich dann genau das Gleichgewicht. Dadurch fallen alle einseitigen Belastungen fort, ein Gleiten des Bandes über die Rolle *s* hin ist unmöglich und doch ist die Verbindung gegen alle

Verbiegungen und Erschütterungen sicher, was z. B. bei einer Verzahnung nicht in gleichem Maasse der Fall sein würde. Die zuletzt genannten Theile sind in dem Pegelkasten *o* eingeschlossen. Die Achse der Führungsrolle *s* tritt aber nach rückwärts aus diesem Schutzkasten heraus (Fig. 2b) und endigt in einem sich zuspitzenden Vierkantstück. Auf dieses ist eine Hülse aufgeschoben und mittels Druckschraube befestigt, welche durch das Universalgelenk v_1 mit der Stange *x* in Verbindung steht; diese letztere besteht aus zwei in einander geschobenen Röhren, die durch Peripherieklemmung in jeder beliebigen Stellung zu einander fest verbunden werden können. Durch ein zweites Universalgelenk v_2 und eine ähnliche Hülse wie aussen ist diese Stangenverbindung an ein Vierkantstück im Inneren des Registrirapparates *z* angeschlossen. Diese Stange *x* überträgt also jede Bewegung der Rolle *s* und damit des Schwimmers auf den Schreibapparat.

Dass diese Stangenverbindung innerhalb weiter Grenzen jede mögliche Stellung zulässt, erleichtert wiederum die schnelle Montirung des Apparates ausserordentlich. Man kann erst den Pegelapparat und den Registrirapparat vollkommen befestigen und dann erst die Verbindung der beiden durch die Stange herbeiführen. Wenn bei stürmischem Wetter oder wenn sich in Folge starker Bestrahlung oder von Regen das Holz der Aufstellung wirft oder sonstige Verschiebungen oder Verbiegungen vorkommen, so giebt es doch keine Klemmungen und damit Ganghinderungen, da die beiden Universalgelenke genügend nachgeben. Auch ist man bei der Aufstellung nicht gebunden, die beiden rotirenden Apparattheile, Rolle *s*, welche die Bewegungsimpulse giebt, und den Theil im Inneren von *z*, der sie aufnimmt, in gegenseitige achsiale Verlängerung zu stellen, sondern hat einen weiten Spielraum, was sehr angenehm werden kann, wenn bei geradliniger Verbindung das Gestänge *x* mit Theilen des Galleriegeländers und Aehnlichem bei der Aufstellung in Kollision kommen würde.

3. Der *Registrirapparat* schliesst sich an bekannte und viel benutzte Typen an. Er ist ganz in dem aufklappbaren, verschliessbaren Kasten *z* (Fig. 1 und 2b) enthalten. Durch eine Oeffnung rechts in der Vorderwand tritt die Stange *x* ein, die auf ein Vierkantstück der Rolle f_1 gesteckt wird (vgl. Fig. 3b). Diese Rolle hat den gleichen Durchmesser wie die oben erwähnte Führungsrolle *s* im Pegelkasten, also auch immer dieselbe Peripheriegeschwindigkeit wie diese. In ihren Umfang ist eine feine Zahnreihe eingefräst, in welche die Stange *e* mit einer nach unten hervortretenden Zahnleiste eingreift. Diese Stange wird von einer zweiten, ebenfalls mit Rand versehenen Rolle f_2 getragen, die aber glatt ist und keine Zähne, sondern nur eine Nuth besitzt, durch welche die Zahnleiste von *e* hindurchgleiten kann. Die Stange *e* wird ausserdem von vier am besten in Fig. 3b von oben zu sehenden kleinen, seitlich stehenden Röllchen geführt. Um der Stange möglichsten Spielraum zu gewähren, sind entsprechende Oeffnungen in den Seitenwänden des Kastens angebracht, auf die von aussen her an den äusseren Enden geschlossene Schutzhülsen aus geschwärztem Messingrohr h_1 h_2 angeschraubt sind (vgl. auch Fig. 1).

Die Stange *e* trägt in einer vertikalen Hülse g_1 einen Schreibstift, der durch seine eigene Schwere immer nach unten drückt. Nach dem Gesagten ist es klar, dass dieser Stift immer um ebenso viel nach links bezw. nach rechts verschoben wird, als sich der Schwimmer *m* hebt oder senkt; der todte Gang des Instrumentes ist in der That sehr gering oder kann doch auf ein Minimum herabgesetzt werden.

Durch das sehr kräftige Uhrwerk *a* mit Federantrieb und gegen Temperaturschwankungen gut kompensirter Chronometerhemmung wird die bronzene Zugwalze *b*

getrieben. Die Uhr wird von aussen her aufgezogen; sie ist mit Zifferblatt und Zeiger versehen, die durch eine Oeffnung der rechten Kastenwand abgelesen werden können, damit man Stand und Gang der Uhr kontroliren kann, ohne den Kasten öffnen zu müssen. Vor die genannte Oeffnung wird ein Metalldeckel geklappt (*w* in Fig. 1). Auf der Zugwalze *b* ruht eine zweite gleichbeschaffene Walze *c*, deren Zapfen

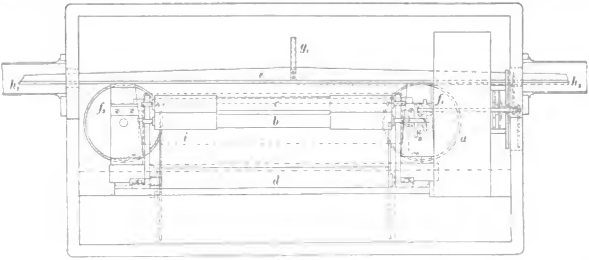


Fig. 3a.

in einer Gabel mit vertikalem Schlitz liegen. Sie lastet auf der unteren Walze mit genügendem Gewichte, sodass ein 30 *cm* breiter Papierstreifen mit Sicherheit durch beide hindurchgezogen wird, wenn die untere Walze vom Uhrwerk angetrieben wird. Die Walzen sind in der Mitte etwas abgedreht und an beiden Enden rauh gemacht, sodass der Papierstreifen an den beiden Rändern gefasst wird, wodurch ein gleich-

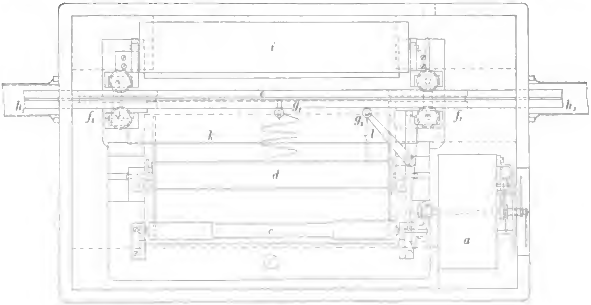


Fig. 3b.

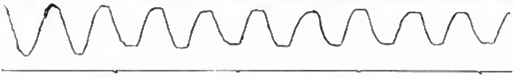
mässigeres Abwickeln erzielt wird, als wenn der Antrieb in der Mitte erfolgte. Dadurch, dass das ganze Walzengewicht nur auf den Rändern lastet, wird das Papier hier um so fester gefasst. Ein grosser Vorrath von einem mit der Kreissäge auf die nöthige Breite reduzirten Rollenpapier (sog. „Papier ohne Ende") ist auf die Vorrathswalze *d* mit weit übergreifenden seitlichen Scheiben am Boden des Kastens gesteckt;

dieselbe lässt sich leicht herausnehmen und wieder einlegen. Von der tiefliegenden Walze *d* wird der Papierstreifen über die hölzerne Führungswalze *i* emporgezogen, von wo er über das Schreibtischchen *k* hinweg unter dem in der Hülse g_1 steckenden Schreibstifte hindurch zwischen die Zugwalzen *b* und *c* hineingezogen ist. Von hier aus fällt er durch einen am Boden des Kastens ausgesparten Schlitz und durch den entsprechenden Schlitz in der Tischplatte *T* in den Kasten *K* (Fig. 1). Zwischen Uhrwerk *a* und Zugwalze *b* ist eine aus zwei Zahnräderpaaren bestehende Uebersetzung eingeschaltet. Durch dieselbe kann man verschiedene Streifengeschwindigkeiten erzielen. Bei langsamem Laufe rückt der Streifen in jeder Stunde um 20 *mm* voran, bei schnellerem um 60 *mm*, sodass jedem Millimeter eine Zeitminute entspricht. Da man den beiden Achsen gleichen Durchmesser gegeben hat, kann man aber auch die beiden Räderpaare vertauschen, wodurch man eine noch grössere Geschwindigkeit (180 *mm* pro Stunde) erzielen kann, was zum Studium sehr rasch verlaufender *Seiches*-Schwingungen z. B. von grossem Werthe ist. An dem Stundenrade ist seitlich eine kleine Nase befestigt (vgl. Fig. 3b rechts unten), welche bei jedem Umgange einen Hebel *l* ausrückt, der durch Federzug schwach gegen die betreffende Radseite gezogen wird. Dieser um eine Hülse drehbare Hebel *l* trägt an seinem anderen Ende eine vertikale Hülse g_2, in der ein zweiter Schreibstift gleitet. Derselbe markirt in seiner Ruhelage eine geradlinig fortlaufende Linie, die als Bezugshorizont auf dem Streifen gelten kann. Ist die Stiftlage gegen das Seenivellement bekannt, so kann man mittels jener Linie ein von eventuellen seitlichen Verschiebungen des Papierstreifens unabhängiges Maass der absoluten Spiegelhöhe des Sees jederzeit ableiten, bezogen auf den Meereshorizont. Alle Stunden wird dieser Hebel für kurze Augenblicke abgelenkt, er zeichnet also in die mittlere Niveaulinie Zeitmarken in Form deutlicher Zacken ein. Wird von Zeit zu Zeit die wahre Ortszeit an der Nulllinie angeschrieben, so giebt dieselbe die fortlaufenden Zeitabszissen. Die zugehörigen Ordinaten giebt der Schwimmerstift in g_1; das Auf- und Absteigen der entstehenden Kurve giebt die Spiegelschwankungen in natürlicher Grösse wieder. Wird an dem Pegelgestänge etwas verstellt, so erhält die Abszisse dadurch natürlich einen neuen Niveauwerth; misst man die Grösse der Verschiebung, so kann man wieder die zu jeder Ordinate zugehörige Meereshöhe des Spiegels aus dem Limnogramme entnehmen, nach den Aufzeichnungen also auch die gesammte Wasserführung beurtheilen. Bei längeren Beobachtungsreihen wird es sich freilich empfehlen, von Zeit zu Zeit den Apparat gegen Fixpunkte am Ufer wieder einzunivelliren, da sich bei der immerhin nicht ganz stabilen Aufstellung Senkungen vollzogen haben können.

Die Schreibstifte sind nach Art der Hülsenbleistifte eingerichtet; nach Lockerschrauben der unteren Fassungen kann man den Graphitstift spitzen und wieder nachstellen, was am besten beim Aufziehen und Kontroliren der Uhr und des Streifenganges geschieht. Die Schreibstifte tragen oben kleine zylindrische Näpfchen, in die man Schrot oder kleine Gewichtchen einsetzen kann, um je nach der Härte des Stiftes einen kleineren oder grösseren Druck auf das Papier auszuüben zu können. Die neuesten Apparate sind auch mit Tintenschreibern ausgerüstet, schmalen kleinen unten zugespitzten Blechgefässchen, in die die Tinte gegossen wird, die unten durch einen schmalen Spalt langsam ausfliesst. Die Tinte muss natürlich so gewählt sein, dass sie trocken ist, ehe der Papierstreifen die Zugwalzen erreicht.

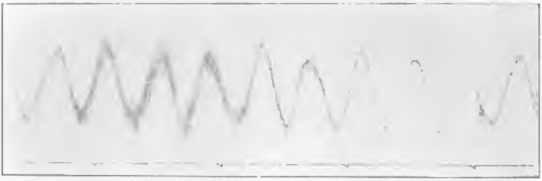
Die mit dem Instrumente erhaltenen Limnogramme sind äusserst klar und geben die Seebewegungen treu bis in alle Kleinigkeiten hinein wieder. Die rasch verlaufenden Wellenbewegungen, wie sie z. B. durch heftigen Wind oder dicht am Apparate

vorüberfahrende grosse Dampfschiffe hervorgerufen werden, lassen den Stift rasch hin- und herpendeln; die Kurven werden dadurch nur etwas breiter ausgezogen; die entstehende Schraffirung lässt aber den mittleren Stand sehr leicht erkennen, der Apparat mittelt gewissermaassen automatisch diese kleineren Bewegungen. Dagegen lässt der gesammte Kurvenverlauf die wirklichen Hebungen des mittleren Spiegels



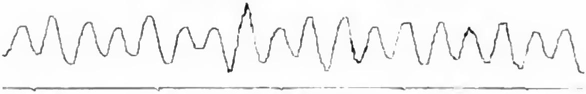
11h p. m. 12h 1h a. m. 2h

Fig. 4. Ausklingen der durch den Weststurm am 29. Mai 1901 veranlassten Hauptschwingung (Starnberger Limnimeter; 29./30. Mai).



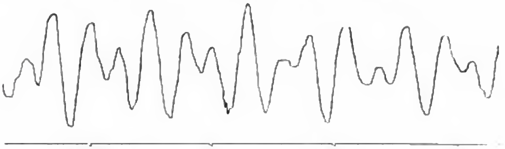
4h a. m. 5h 6h 7h

Fig. 5. Starker Weststurm (Kempfenhausener Limnimeter; 29. Mai 1901).



11h a. m. 12h 1h p. m. 2h 3h

Fig. 6. 23. August 1900. Oberschwingung (Kempfenhausener Limnimeter).



4h a. m. 5h 6h 7h

Fig. 7. 25. August 1900. Interferenz von Grund- und Oberschwingung (Kempfenhausener Limnimeter).

wundervoll erkennen, z. B. die periodisch wiederkehrenden bei der *Seiches*-Bewegung. Der Apparat kann nach meinen Erfahrungen überall wärmstens empfohlen werden, wo es sich um Detailregistrirungen verhältnissmässig rasch wechselnder Pegelstände handelt.

In den Fig. 4 bis 7 sind einige Stücke der am Starnberger See erhaltenen Limnogramme in etwa $^1/_3$ nat. Grösse[1]) wiedergegeben. Fig. 4 stellt die uninodale

[1]) Die Stundenlinie ist in obigen Reproduktionen der Originalkurven der Raumersparniss halber viel näher an die Kurven herangerückt worden, als der angegebenen Verkleinerung entspricht.

Haupt-*Seiche* von rund 25 Minuten Periodendauer dar, Fig. 5 dieselbe bei starkem Weststurm, bei dem der heftige Wogengang sich in einem breiteren Ausschraffiren der Kurve geltend macht. Fig. 6 giebt die zu Zeiten ganz allein herrschende Oberschwingung des Sees von rund 16 Minuten Dauer wieder und endlich Fig. 7 die Interferenzschwingungen von Grund- und Oberschwingung, wie sie am See meistens herrschen (die „dichrote" Schwingung Forel's). Die verschiedenen Interferenzsysteme, deren Gestaltungen in dem bereits vorliegenden Kurvenmateriale ausserordentlich mannigfaltige sind, gehen aus der Uebereinanderlagerung beider Schwingungen bei verschiedenen Phasendifferenzen und Amplituden hervor.

München, Technische Hochschule, im Mai 1901.

Herstellung und Montirung der Quecksilberlampe.

Von

O. Lummer.

(Mittheilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Der von L. Arons[1]) herrührende Quecksilber-Lichtbogen im Vakuum hat gegenüber den Geissler'schen Röhren den grossen Vorzug *geräuschlos* zu arbeiten. Ausserdem aber hat er sich als eine so intensive Quelle homogenen Lichtes erwiesen, dass damit die Geissler'schen Röhren nicht im Entferntesten wetteifern können. Da nun die Lichtstärke neben der Homogenität des Lichtes besonders bei polarimetrischen Arbeiten, aber auch bei neueren Versuchen über die Auflösung feinster Spektrallinien[2]), das Zeemann'sche Phänomen u. s. w. die Hauptrolle spielt, so versuchte ich dieser Lichtquelle die nachtheiligen Eigenschaften zu nehmen, die ihren Gebrauch zu optischen Zwecken früher recht erschwerten. Bisher habe ich nur über die Form der von mir benutzten Quecksilberlampe einige flüchtige Mittheilungen gemacht[3]). Wegen der mancherlei Anfragen über die Herstellung und den Gebrauch dieser Lampe möchte ich mir erlauben, hier einige ausführlichere Angaben mitzutheilen, und zugleich der kleinen Verbesserungen Erwähnung thun, die durch den Gebrauch sowohl die Form als auch die Montirung der Lampe erfahren hat.

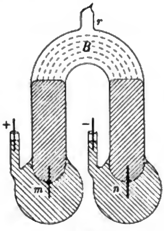


Fig. 1.

Zweck der Lampe. Die hier beschriebene Lampe soll nicht nur homogene Lichter von grösstmöglicher Lichtstärke liefern, sondern auch ein dauerndes und möglichst gleichmässiges Licht geben.

Form der Lampe. Die von Arons angegebene Form (Fig. 1) ist bei grosser Stromstärke der Gefahr des Zerspringens ausgesetzt. Setzt man sie aber zur Vermeidung dieses Uebelstandes in Wasser, so kondensirt sich der Quecksilberdampf an den Wänden, und die herabrollenden Tropfen bringen eine sehr wechselnde und

[1]) L. Arons, *Wied. Ann.* **47.** *S. 767. 1892;* **58.** *S. 73. 1896.*

[2]) A. A. Michelson, *Phil. Mag.* **31.** *S. 338. 1891;* **34.** *S. 280. 1892.* A. Perot und Ch. Fabry, *Ann. de chim. et de phys.* **12.** *S. 459. 1897;* **16.** *S. 115. 1899; Compt. rend. 1897, 1898, 1899 und 1900.* O. Lummer, *Verhandl. d. Deutsch. physikal. Gesellsch.* **3.** *S. 85. 1901; Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1900. S. 504.*

[3]) O. Lummer, *diese Zeitschr.* **15.** *S. 294. 1895;* vgl. auch *Beiblatt zu dieser Zeitschr. 1896. S. 93.*

störende Lichtschwankung hervor. Beide Uebelstände werden vermieden, wenn man der Lampe die in Fig. 2 skizzirte Form ertheilt und die ganze Lampe bis auf die Enden *a* und *b* in ein Gefäss mit *fliessendem* Wasser steckt. Bei dieser Form verläuft der Lichtbogen zwischen den Quecksilberelektroden bei *c* und *d* etwa so, wie der Pfeil es andeutet, und man blickt durch die Stirnfläche bei *a* längs der Rohrachse *a b in Richtung des Lichtbogens.* Die an der Zylinderwand des Leuchtrohres *a b* sich kondensirenden und herabfliessenden Quecksilbertropfen kreuzen also den Strahlengang nicht mehr, und nur die etwa an der Stirnfläche bei *a* sich bildenden Tröpfchen schwächen das daselbst austretende Licht. Das Rohr *a b* ist aussen matt geätzt; nur die eine Stirnfläche bei *a* ist ausgespart. Man kann so nach Belieben die matte Stirnfläche bei *b* oder die viel hellere nichtgeätzte bei *a* als Lichtquelle benutzen.

Um die Menge des Quecksilbers reguliren zu können, habe ich neuerdings das Hülfsreservoir *o* anbringen lassen. In dasselbe fliessen auch die sich sonst im Rohr ansammelnden kondensirten Quecksilbertropfen.

Je nach dem Abstand der Schenkel *c* und *d* von einander ist die Grösse des Lichtbogens eine verschiedene. Man kann sie einander so nahe bringen, dass sich die Quecksilberkuppen fast berühren.

Herstellung des Vakuums. Von der Güte des Vakuums hängt das leichte Funktioniren und das Zustandekommen des Lichtbogens ab. Wollte man die Lampe in der Stellung der Fig. 2 mit der Luftpumpe verbinden, wobei die Schenkel *c* und *d* vertikal stehen, so würden die im Quecksilber befindlichen und an den Wandungen haftenden Gasbläschen kaum zu entfernen sein, da sie unter Druck stehen. Das Erhitzen der Lampe beim Auspumpen bringt Gefahren mit sich. Verfährt man aber folgendermaassen, so erreicht man leicht ein so vollkommenes Vakuum, dass die Lampe jahrelang funktionirt.

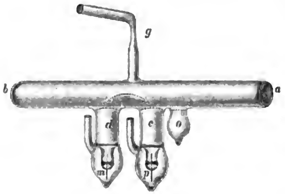


Fig. 2 (1/4 nat. Gr.).

Man montirt die Lampe auf einem mit dem Gestell der Quecksilberluftpumpe fest verbundenen Brett, sodass Lampe und Pumpe ein starres Ganzes bilden und die Pumpe beliebig geneigt werden kann. Dabei orientirt man die Lampe so, dass die Schenkel *c* und *d* horizontal zu liegen kommen und das Quecksilber sich auch in das Rohr *a b* ergiesst. Nachdem luftleer gepumpt ist, neigt man das Gestell der Pumpe so, dass jede Stelle des Innern der Lampe einmal von Quecksilber befreit war. Hierauf macht man von Neuem einige Hübe, neigt wieder u. s. w. Natürlich kann man dies auch mit einer genügend federnden Verbindung machen, sodass die Pumpe selbst nicht geneigt zu werden braucht. Nachdem bei *g* abgeschmolzen worden ist, füllt man auch die Gefässe *m* und *p* mit Quecksilber, welche durch Platinstifte mit den Schenkeln *c* und *d* in Verbindung stehen.

Montirung. Die Montirung der fertigen Lampe ist aus den Fig. 3 und 4 ersichtlich.

Bei der ersteren (Fig. 3) wird die Lampe nach abgehobenem Deckel in den Kasten eingeführt und mittels Stopfbüchsen, Kautschukringen u.s.w. dicht in die Seitenwände eingefügt. Sodann stellt man die metallische Verbindung zwischen den Zuleitungsgefässen der Lampe und den isolirt am Kasten sitzenden Klemmen her, sie durch passende Schläuche gegen das Spülwasser isolirend. Zwischen Deckel und

Kasten, der oben einen Flansch trägt, befindet sich eine Kautschukeinlage; der Deckel selbst wird durch sechs Schrauben fest an den Flansch angepresst.

Diese von der Firma Dr. R. Muencke[1]) in Berlin hergestellte Montirung ist zwar relativ einfach und billig, hat aber den Nachtheil, dass die Länge des Rohrs eine beschränkte sein muss und dass schon bei mässigem Wasserdruck die Dichtung nachlässt. Durch die erstere Beschränkung geht aber der beabsichtigte Zweck verloren, dass die Enden des Rohres *a b* warm bleiben und nicht durch das Spülwasser abgekühlt werden. So kommt es, dass sich auch an den Stirnflächen eine Menge feiner Quecksilbertröpfchen ansetzen, die zwar durch ein Umlegen der ganzen Lampe leicht abgespült werden können, sich jedoch schnell von Neuem bilden.



Fig. 3 (1/3 nat. Gr.).

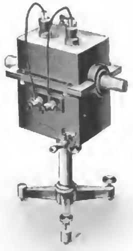


Fig. 4 (1/3 nat. Gr.).

Ich zog es daher vor, eine etwas komplizirtere, aber dafür vollkommenere Montirung anfertigen zu lassen. Sie ist in Fig. 4 abgebildet. Das aus Gusseisen gefertigte Gehäuse besteht aus zwei Theilen, die mit massiven Flanschen versehen sind. Nachdem beide Flansche eben gedreht und auf einander abgeschliffen sind, werden auf der Drehbank die Bohrungen für die Lampe ausgedreht und zwar so gross, dass der über das Leuchtrohr *a b* der Lampe geschobene, genau geschnittene Gummistopfen gerade lose hineinpasst. Der ganz geringe Zwischenraum wird mittels Lagen dünnen Papiers ausgefüllt, die man über die Stopfen wickelt; ausserdem werden die auf einander aufgepassten Flächen beider Hälften gefettet. Man erhält so beim Anziehen der vier Schrauben, welche die Flansche aneinanderpressen, eine jedem Wasserdruck widerstehende Dichtung. In Folge der massiven Beschaffenheit der Flansche kann eine Durchbiegung wie bei dem in Fig. 3 abgebildeten Gefäss nicht eintreten.

Ehe man die obere Hälfte aufsetzt, zieht man über die Zuleitungsröhrchen der Lampe geeignete Gummischläuche, in die man die umsponnenen Drähte einschiebt, bis sie in das Quecksilber der Gefässe *m* und *p* (Fig. 2) ragen. Jetzt setzt man den Deckel auf, durch dessen zwei Oeffnungen die Drähte mit ihren Schläuchen hindurchführen. Letztere schneidet man ab, steckt Glasröhrchen hinein und über diese die in die Oeffnungen passenden Gummipfropfen. Die Enden der Drähte führt man zu den isolirt am Gehäuse befestigten Klemmen. Die Hähne beim Zu- und Abflussrohr ermöglichen zugleich, die mit Wasser gefüllte Lampe von der Wasserleitung fortzunehmen.

[1]) Siehe den Katalog von Dr. R. Muencke.

Man kann so ohne Gefahr die Lampe eine ganze Weile brennen und ruhig das Wasser zum Sieden kommen lassen. Natürlich wird man bei so starker Erwärmung den Abflusshahn vorher öffnen und das in Folge der Erwärmung überschüssige Wasser sowie den Wasserdampf in ein Gefäss leiten. Freilich schlagen sich mit heisser werdendem Wasser auch die Quecksilberdämpfe mehr und mehr an den herausragenden Enden des Leuchtrohres nieder. Diese Kondensation ist aber auch bei fliessendem Wasser nicht ganz vermieden, wenigstens bei der hier gewählten Länge der herausragenden Enden. Da aber schon die feinste Nebelschicht von Quecksilberdampf die Lichtstärke bedenklich reduzirt, so wird man gut thun, das eine herausragende Ende, welches als Lichtquelle dienen soll, künstlich zu erwärmen, also etwa mit einer Drahtspule zu umgeben, die man als Vorschaltwiderstand in die Stromleitung einschaltet.



Fig. 5 (1/7 nat. Gr.).

Um diese Lampe auch im magnetischen Felde benutzen zu können, habe ich noch eine Montirung ausführen lassen (Fig. 5), bei der die Querdimension trotz der Wasserspülung die kleinstmögliche ist. Diese Dimension ist durch den Durchmesser der Gummistopfen gegeben, welche wieder wie bei der vorigen Montirung (Fig. 4) dicht über das Leuchtrohr gepasst sind. Die über die Stopfen geschobenen Messingrohre sind in den Blechkasten eingelöthet, ebenso die oberen Seitenwände und der Deckel. Um Kurzschluss zu vermeiden, sind die Zuleitungen zu den Klemmen geführt, die auf dem aus der Figur ersichtlichen Holzbrettchen festgeschraubt sind. Im Uebrigen ist, was die Lampe im Innern betrifft, Alles wie bei den anderen Montirungen. Diese sehr einfache und erprobte Montirung leidet an dem grossen Fehler, dass sie ganz von Neuem gemacht werden muss, wenn die Lampe einmal springen sollte.

Eine gut luftleer gepumpte Lampe funktionirt vom ersten Moment ihres Gebrauchs an jahrelang in tadelloser Weise und das von ihr gelieferte Licht ist fast frei von störenden Schwankungen. Damit man den Lichtbogen voll ausnutzt und längs seiner ganzen Richtung blickt, darf das Quecksilber mit seiner Oberfläche beim Brennen der Lampe nur eben die untere Linie des horizontalen Rohres erreichen. Ist zuviel Quecksilber in der Lampe, dann erhält man Schatten von den Quecksilberkuppen. Ich benutze meist einen langen Bogen (etwa 3 *cm*) und schalte bei 110 Volt Klemmspannung einen Widerstand von 5 Ohm vor die Lampe. Die Stromstärke beträgt dann etwa 16 Amp. Durch Verringerung des Widerstandes kann man die Stromstärke steigern. Noch bei mehr als 16 Amp. kann die Lampe lange Zeit brennen, ohne dass sie springt. Das Licht ist dann von bedeutender Helligkeit.

Ueber einen Neigungsmesser.

Von
Dr. C. Pulfrich in Jena.

Vor etwa drei Jahren wurde der Firma Carl Zeiss durch Hrn. Dr. Gerh. Schott von der Seewarte in Hamburg der Wunsch nach einem für den Gebrauch auf See bestimmten Neigungsmesser ausgesprochen, welcher in Sonderheit dazu dienen sollte, die Abweichung des Lothungsdrahtes von der Lothlinie, bezw. den Winkel, welchen der Draht, von einer bestimmten Stelle aus gesehen, mit dem Meereshorizont bildet, leicht und sicher zu messen. Der hierfür von uns angefertigte und von Hrn. Schott auf der Tiefseeexpedition benutzte Apparat soll in Folgendem näher beschrieben werden. Ueber die mit ihm erzielten Resultate wird Hr. Dr. Schott selbst in seinem demnächst erscheinenden Werk über die Valdivia-Expedition berichten.

Für die Lösung der vorgenannten Aufgabe erschien mir die Anwendung von geradsichtigen, sog. Dove'schen Reflexionsprismen aussichtsvoll. Dreht man ein solches in nebenstehender Fig. 1 abgebildetes Prisma um die Visirrichtung als Achse, so dreht sich auch das durch das Prisma gesehene Reflexbild des anvisirten Gegenstandes, und zwar erfolgt die Drehung des Bildes in dem gleichen Sinne wie die des Prismas, aber mit der doppelten Winkelgeschwindigkeit. Hält man das Prisma dicht vor das Auge und schaut zum Theil durch das Prisma hindurch, zum Theil an demselben vorbei, so erscheinen Bild und Gegenstand in gegenseitiger Ueberdeckung, und es ist ein Leichtes, die Lage des einen mit der des anderen zu vergleichen. Nun sind in Folge der einseitigen Bildumkehrung im Reflexbild immer nur diejenigen Richtungen den ursprünglichen parallel, welche zur Spiegelebene parallel oder senkrecht zu derselben verlaufen. Wenn es sich also, wie im vorliegenden Falle, darum handelt, den Richtungsunterschied zweier Geraden, vom Standpunkt des Beobachters aus gesehen, zu messen, so hat man die Parallelstellung von Bild und Objekt nach einander für jede der beiden Richtungen vorzunehmen und erhält dann aus dem Drehungswinkel des Prismas unmittelbar den gesuchten Neigungswinkel[1]).

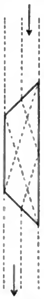


Fig. 1.

Ein auf Grund dieser Ueberlegungen ausgeführtes Instrumentchen — das Prisma steckt drehbar in einer mit einem Theilkreis versehenen Hülse und trägt einen zugleich als Handhabe beim Drehen des Prismas dienenden, auf der Theilung spielenden Zeiger — genügt den gestellten Anforderungen daher vollkommen. Der Apparat hat aber den Nachtheil, dass man an eine feste Aufstellung desselben, bezw. in Fällen, wo dies unthunlich ist, an dessen ruhige Aufhängung gebunden ist. Für den beabsichtigten Freihandgebrauch des Instruments auf See erschien daher dieser Apparat wenig geeignet. Es musste eine Anordnung gefunden werden, welche den Winkel zwischen Horizont und Faden *unbekümmert um die Schwankungen des Schiffes aus freier Hand* zu messen gestattet.

Dieses Ziel ist durch die nachstehend beschriebene Versuchsanordnung erreicht worden. Die derselben zu Grunde gelegte Idee ist die gleiche wie bei dem soeben

[1]) Dass ein solches Dove'sches Prisma, mit Theilkreis versehen und vor einem Fernrohr oder Mikroskop drehbar angeordnet, auch zu goniometrischen Messungen *mit Hülfe von feststehenden Fäden in der Bildfeldebene* benutzt werden kann, liegt auf der Hand. Man vergleiche die bei dem *Interferenzmessapparat (diese Zeitschr.* ***18.*** *S. 262. 1898)* getroffene Versuchs-Anordnung.

skizzirten einfachen Apparat, auch die Art der Beobachtung ist im Wesentlichen die gleiche geblieben.

Wie man aus Fig. 2 erkennt, sind zur Erreichung der angegebenen Eigenschaften im Ganzen *drei Dove'sche Reflexionsprismen* (D_1, D_2 und D_3) nothwendig gewesen und ausserdem noch eine aus einem Rhomboederprisma R und einem angekitteten rechtwinkeligen Prisma P bestehende Prismenkombination, welch' letztere in der aus Fig. 2 ersichtlichen Weise zwischen D_1 und D_2 einerseits und D_3 andererseits eingeschaltet ist und den Zweck hat, die durch D_1 und die durch D_2 gegangenen Lichtstrahlen gemeinschaftlich und in gleicher Helligkeit dem Auge des Beobachters zuzuführen. Zu dem Ende ist die zwischen P und R gelegene Rhomboederfläche mit einem Silberspiegel versehen, der eine Reihe von regelmässig angeordneten Unterbrechungen aufweist, deren Gesammtausdehnung der der stehengebliebenen Partialspiegel gleichkommt und durch welche die von D_1 kommenden Lichtstrahlen ungehindert von P nach R hindurchtreten.

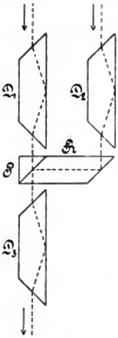


Fig. 2.

Von den sämmtlichen Prismen ist nur D_2 drehbar angeordnet, alle übrigen sind in fester unveränderlicher Lage zu einander montirt. Die Drehung von D_2 geschieht aus freier Hand mittels eines Armes, an dem ein Doppel-Nonius mit $^1/_{10}{}^0$ Ablesung angebracht ist.

Ein feststehender Kreissektor ist auf einem Winkelraum von 90° in halbe Grade getheilt und von der Mitte aus nach rechts und links von 0° bis 90° beziffert. In der in Fig. 2 angegebenen Mittelstellung des Prismas D_2 steht der Nonius auf 0° ein. Am Theilkreis wird daher nicht der Drehungswinkel des Prismas, sondern, dem nachstehend angegebenen Einstellungsverfahren entsprechend, *der Drehungswinkel des Bildes direkt abgelesen.*

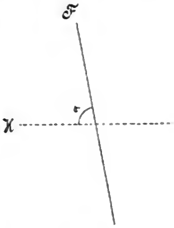


Fig. 3.

Man kann fragen, welchen Zweck erfüllt das Prisma D_3. Dasselbe kann nicht entbehrt werden, denn *ohne* dasselbe würde man das Doppelbild, je nach der Haltung des Instruments, in verschiedener Richtung und Neigung sehen, während *mit* dem Prisma D_3, sofern dasselbe dem Prisma D_1 genau parallel gelegen ist, die Unveränderlichkeit der Lage des durch D_1 und D_3 gesehenen Bildes derart gewährleistet ist, dass man durch die beiden genannten Prismen wie durch ein gewöhnliches Diaphragma *in Luft* hindurchschaut. Für das durch D_2 und D_3 gesehene Bild trifft dies nur in der in Fig. 2 gezeichneten Nullstellung zu (vgl. darüber weiter unten).

Das Prisma D_3 gewährt aber noch einen anderen Vortheil. Dieser Vortheil besteht darin, dass die durch D_1 bezw. D_2 bewirkte einseitige Bildumkehrung wieder aufgehoben wird. Die mit einander zu vergleichenden Bilder sind also *beide aufrecht* wie im freien Sehen, nur dass das eine je nach der Stellung des Prismas D_2 zu D_1 nach rechts oder links gedreht erscheint.

Die Erscheinungen, welche sich beim Hindurchsehen durch den Apparat dem Auge darbieten, und die Art der Messung sind demnach folgende: Verstehen wir in Fig. 3 unter H und F zwei Gerade — Meereshorizont und Faden — welche in ihrer perspektivischen Projektion den Winkel α miteinander bilden, so ist nach den vor-

stehenden Erörterungen sofort ersichtlich, dass man beim Hindurchsehen durch den Apparat in der in Fig. 2 angegebenen Nullstellung den Anblick ebenfalls von Fig. 3 hat. Indem man dann das Prisma D_2 aus dieser Nullstellung heraus nach links oder rechts dreht, zeigt sich sofort das Doppelbild. Hierbei ist zunächst bemerkenswerth, dass die Drehung des Bildes in *umgekehrter* Richtung stattfindet wie die des Prismas, während bei einem einfachen Dove'schen Prisma, wie bereits oben erwähnt wurde, die Drehung des Bildes in demselben Sinne wie die des Prismas erfolgt. Die Erklärung für diesen scheinbaren Gegensatz besteht darin, dass man im vorliegenden Falle die Drehung des Bildes im Spiegelbild des Reflexionsprismas D_3 beobachtet.

Die *Messung des Winkels* α geschieht in der Weise, dass man durch Drehen des Prismas D_2 von der Nullstellung aus nach rechts und links diejenigen Stellungen aufsucht, in denen *der gedrehte Faden* F_2 *mit dem feststehenden Horizont* H_1 *(s. Fig. 4) bezw. der feststehende Faden* F_1 *mit dem gedrehten Horizont* H_2 *(s. Fig. 5) gleich gerichtet ist.* Aus den beiden Ablesungen am Theilkreis wird dann ohne Rücksicht auf die Ablesung der Lage des Nullpunktes das Mittel gebildet.

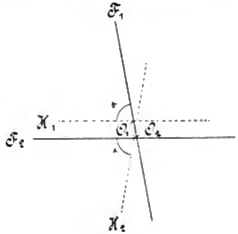


Fig. 4.

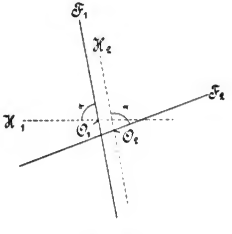


Fig. 5.

Wir hatten bereits oben erwähnt, dass das durch D_2 und D_3 gesehene Bild nur dann eine von der Haltung des Instruments unveränderliche Lage besitzt, wenn es mit dem durch D_1 und D_3 gesehenen zusammenfällt. Bei dem gedrehten Bilde ist das aber nicht mehr der Fall, was auch daraus zu ersehen ist, dass der Durchschnittspunkt O_2 der gedrehten Geraden F_2 und H_2, wie in den Fig. 4 und 5 angedeutet ist, im Allgemeinen eine von O_1, dem Durchschnittspunkt von F_1 und H_1, verschiedene Lage annimmt. Eine nennenswerthe Erschwerniss für die Messung des Winkels α aber bietet die Unruhe des zweiten Bildes nicht.

Der vorliegende Apparat, welcher nach Angabe des Hrn. Dr. Schott sich für die von ihm verfolgten Zwecke durchaus bewährt hat, dürfte auch für mancherlei andere Aufgaben, z. B. für die *Messung von Böschungswinkeln* und dgl., sowie als *Hülfsmittel beim perspektivischen Zeichnen* nützliche Verwendung finden[1].

Jena, im Juni 1901.

[1]) Beim perspektivischen Zeichnen in Sonderheit würde man, ganz analog dem bekannten Verfahren, Strecken in ihrer perspektivischen Projektion mit Hülfe eines in bestimmtem Abstand vom Auge gehaltenen Bleistiftes zu messen und auf die Zeichnung zu übertragen, bei Anwendung des Neigungsmessers auf die Ablesung des Winkels am Theilkreise ganz verzichten und die Uebertragung des Winkels auf das Zeichenblatt ohne Transporteur, allein mit Hülfe des Neigungsmessers, vornehmen können.

Referate.

Mechanische Kompensation der Drehung des Gesichtsfeldes des Siderostaten.

Von H. H. Turner. *Monthly Notices* **61.** *S. 122. 1901.*

Wenn man den Siderostaten oder, wie er in Deutschland gewöhnlich genannt wird, den Foucault'schen Heliostaten auf einen Stern einstellt, so bleibt dieser wohl während seiner Weiterbewegung am Himmel in der Mitte des Gesichtsfeldes, die ihn umgebenden Sterne aber drehen sich um ihn als Zentrum herum; das Gesetz, nach welchem diese Drehung erfolgt, wird durch die Formel ausgedrückt

$$\operatorname{tg} \tfrac{1}{2} \lambda = \frac{\cos \tfrac{1}{2}(\varrho + \delta)}{\cos \tfrac{1}{2}(\varrho - \delta)} \operatorname{tg} \tfrac{1}{2} t,$$

worin t den Stundenwinkel des zentral eingestellten Sternes, δ seinen Polabstand, ϱ den Abstand des Zielpunktes des reflektirten Strahles von demselben (dem sichtbaren) Pole und λ den Winkel bezeichnet, um welchen sich das Gesichtsfeld in der Zeit t gedreht hat. Die Drehungsgeschwindigkeit ist, wie die Formel besagt, je nachdem diese oder jene Stelle des Himmels eingestellt wird, verschieden und ändert sich auch für dieselbe Einstellung mit der Zeit.

Die Einfachheit der Formel legt den Gedanken nahe, eine automatisch wirkende Vorrichtung zu ersinnen, durch welche einer photographischen Platte dieselbe Drehung, wie sie die Sterne des Gesichtsfeldes besitzen, ertheilt wird. Verf. macht drei Vorschläge.

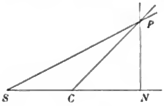


Fig. 1.

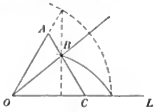


Fig. 2.

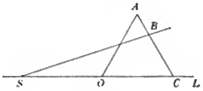


Fig. 3.

1. Vorschlag. SN und NP (Fig. 1) sind zwei senkrecht zu einander stehende Achsen, SP und CP zwei um S und C bewegliche Stäbe, die ebenso wie auch NP mit Schlitzen versehen sind. Ein Stift P, welcher durch die drei Schlitze geht, stellt den Schnittpunkt der Geraden NP, CP, SP dar. Wird nun das Verhältniss $\frac{CN}{SN} = \frac{\cos \frac{1}{2}(\varrho + \delta)}{\cos \frac{1}{2}(\varrho - \delta)}$ gemacht und CP um C mit gleichförmiger Geschwindigkeit gedreht, sodass $\measuredangle\, NCP = \frac{1}{2} t$ ist, so ist $\measuredangle\, NSP$ gleich dem halben Drehungswinkel λ. Denn es ist $\operatorname{tg} NSP = \frac{CN}{SN} \cdot \frac{PN}{CN} = \frac{CN}{SN} \operatorname{tg} NCP$. Durch eine Zahnradübertragung ist der Winkel NSP dann noch zu verdoppeln.

2. Vorschlag. Von der festen Richtung OL aus (Fig. 2) dreht sich der Stab OA mit gleichförmiger Geschwindigkeit in 48 Stunden einmal um O herum. In A ist der Stab AC, welcher mit OA von gleicher Länge ist, mit diesem durch einen Stift verbunden. Der Punkt C muss sich längs der mit einem Schlitz versehenen Leiste OL bewegen, sodass OAC stets ein gleichschenkliges Dreieck bleibt. Ein Punkt B auf AC, welcher von A um $AB = p \cdot OA$ absteht, macht dann, wie sich mit Hülfe der gestrichelten Linien in der Figur leicht beweisen lässt, eine epizykliische Bewegung und zwar beschreibt er eine Ellipse, deren grosse und kleine Halbachsen bezw. $(1 + p)\, OA$ und $(1 - p)\, OA$ sind. Legt man durch O und B einen Stab. so ist die Richtung OB gekennzeichnet durch die Gleichung $\operatorname{tg} LOB = \frac{1 - p}{1 + p} \operatorname{tg} LOA$. Wird demnach p so bestimmt, dass $\frac{1 - p}{1 + p} = \frac{\cos \frac{1}{2}(\varrho + \delta)}{\cos \frac{1}{2}(\varrho - \delta)}$, so ist LOB gleich der Hälfte des Winkels λ, um welchen die Platte gedreht werden muss, damit die Rotation der Bildebene kompensirt wird. Man wird demnach, wie auch bei der erst angeführten Vorrichtung, die Geschwindigkeit der Drehung von OB noch zu verdoppeln haben.

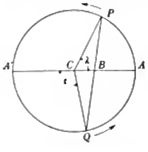
3. Vorschlag. Von der letzteren Unbequemlichkeit kann man sich frei machen, wenn man nicht wie vorhin durch den Mittelpunkt O der Ellipse, sondern durch den Brennpunkt S und den Punkt B den Stab legt (Fig. 3). Lässt man dann OA im Laufe eines Tages eine Umdrehung um O machen, so ist LSB gleich dem Drehungswinkel des Gesichtsfeldes. In der von B beschriebenen Ellipse ist nämlich LSB die wahre Anomalie des Punktes B, gerechnet von der Richtung nach dem vom Brennpunkt entferntesten Ellipsenpunkte aus, LOA aber ist die von derselben Nullrichtung aus gerechnete exzentrische Anomalie. Zwischen beiden besteht nun die Gleichung $\operatorname{tg} \frac{1}{2} LSB = \sqrt{\frac{1-e}{1+e}} \operatorname{tg} \frac{1}{2} LOA$, wo e die Exzentrizität der Ellipse bedeutet. Nennen wir wieder $1+p$ und $1-p$ die grosse und kleine Halbachse der Ellipse, so findet sich $e = \frac{2\sqrt{p}}{1+p}$ und die Strecke $OS = \frac{2 \mp 2\sqrt{1-e^2}}{e}$, welche Formel hier hauptsächlich deswegen angeführt werden möge, weil sie in der Abhandlung nicht ganz richtig steht. Je nachdem p kleiner oder grösser als Eins ist, hat man das Minus- oder das Pluszeichen vor der Wurzel zu nehmen.

Zum Schluss giebt Verf. noch an, wie der Zoelostat, der bei uns gewöhnlich als August'scher Heliostat bezeichnet wird, als ein specieller Fall des Siderostaten aufgefasst werden kann, obwohl das Gesichtsfeld bei seiner Anwendung bekanntlich keine Drehung erfährt. Beim August'schen Heliostaten liegt nämlich der Spiegel parallel der Polarachse, wodurch $\delta = 180 - \varrho$, folglich $\cos \frac{1}{2} (\varrho + \delta) = 0$ und $e = 1$ wird. Die Ellipse geht in diesem Falle in eine auf beiden Seiten begrenzte Gerade über, nicht in eine Parabel, wie Verf. irrthümlich angiebt; die beiden Brennpunkte liegen an den Enden der Geraden. Da auch $p = 1$ wird, so fällt B mit C zusammen; während also LOA von Null bis 180° wächst, bleibt $LSB = 0$, bis es im letzten Augenblick unbestimmt wird, was man auch des Zusammenhangs mit dem Siderostaten wegen als eine unendlich schnelle Drehung um 360° auffassen kann, worauf, wenn LOA von 180° bis 360° weiter wächst und C sich von S aus wieder auf L zu bewegt, SB wieder in die ursprüngliche Richtung fällt. *Kn.*

Mechanische Kompensation der Drehung des Gesichtsfeldes des Siderostaten.

Von H. C. Plummer. *Monthly Notices* **61.** *S. 402. 1901.*

Verf. giebt folgende Lösung des Problems: Man nimmt auf dem Durchmesser AA' eines Kreises (vgl. die Figur) oder auf seiner Verlängerung an einer, wie gleich gezeigt werden soll, durch die Polabstände des eingestellten Sternes und der Reflexionsrichtung bestimmten Stelle einen festen Punkt B an und lässt eine durch ihn gelegte Sehne PQ sich so drehen, dass $\measuredangle A'CQ$ gleich dem Stundenwinkel ist, dann ist $\measuredangle ACP$ gleich dem Drehungswinkel des Gesichtsfeldes. Es ist nämlich, wenn wir $\measuredangle ACP$ mit λ und den nach derselben Richtung hin gemessenen $\measuredangle ACQ$ mit μ, den Halbmesser des Kreises aber mit a bezeichnen, die Gleichung der Sehne PQ



$$x \cos \frac{1}{2} (\lambda + \mu) + y \sin \frac{1}{2} (\lambda + \mu) = a \cos \frac{1}{2} (\lambda - \mu).$$

Wird ferner CB mit b bezeichnet, so hat man

$$\frac{b}{a} = \frac{\cos \frac{1}{2} (\lambda - \mu)}{\cos \frac{1}{2} (\lambda + \mu)},$$

woraus, wenn $\mu = 180^\circ + t$ gesetzt, der Stundenwinkel t also von CA' aus gezählt wird,

$$\operatorname{tg} \frac{1}{2} \lambda = \frac{a-b}{a+b} \operatorname{tg} \frac{1}{2} t$$

folgt. Macht man demnach, wenn δ wieder den Abstand des zentral eingestellten Sternes und ϱ den Abstand der Reflexionsrichtung vom sichtbaren Pol bedeutet,

$$\frac{a-b}{a+b} = \frac{\cos\frac{1}{2}(\varrho+\delta)}{\cos\frac{1}{2}(\varrho-\delta)} \qquad \text{oder} \qquad \frac{b}{a} = \operatorname{tg}\frac{1}{2}\varrho \operatorname{tg}\frac{1}{2}\delta,$$

so haben wir die verlangte Bewegung, d. h. wenn Q von A' aus mit gleichförmiger Geschwindigkeit in 24 Stunden einen Umlauf vollendet, so bewegt sich P von A aus mit veränderlicher Geschwindigkeit einmal herum, sodass $\measuredangle ACP$ gleich dem Drehungswinkel des Gesichtsfeldes des Siderostaten ist.

Befindet sich auf einer Beobachtungsstation der nördlichen Halbkugel der Siderostat südlich vom Fernrohr aufgestellt, so kann b/a nur zwischen 0 und 1 liegen, B liegt also innerhalb des Kreises. Befindet sich der Siderostat dagegen nördlich vom Fernrohr aufgestellt, wie dies in den meisten Fällen wegen der kleineren Einfallswinkel das Praktischere ist, und wird der Strahl nach dem Südpunkt des Horizontes reflektirt, so fällt B, solange die Poldistanz des zentral eingestellten Sternes kleiner ist als die geographische Breite, innerhalb des Kreises; ist die Poldistanz des Sternes aber grösser als die geographische Breite, so fällt B ausserhalb des Kreises. Im ersteren Fall dreht sich P in demselben Sinne wie Q, im zweiten Fall im entgegengesetzten.

Bei der Herstellung eines Mechanismus zur Kompensation der Drehung des Gesichtsfeldes müssen daher zwei gleichlange drehbare Arme CQ und CP und ein fester Arm CB, dessen Länge durch Verschiebung des Stiftes B gleich $a \operatorname{tg} {}^1/_2 \varrho \operatorname{tg} {}^1/_2 \delta$ gemacht wird, auf dieselbe Achse aufgesetzt werden. Drei Stifte Q, B und P ragen in den Schlitz einer Leiste, Q und B von der einen Seite und P von der andern Seite. Wird nun der Arm CQ durch ein Uhrwerk in 24 Stunden um 360 Grad herumgedreht, so bewegt sich der Arm CP in der verlangten Weise. *Kn.*

Apparat zur Mitführung der photographischen Platte, welche den von einem Siderostaten kommenden Strahlen exponirt ist.

Von G. Lippmann. *Compt. rend.* **132.** *S. 931. 1901.*

Um die durch den Siderostaten hervorgerufene Drehung des Gesichtsfeldes zu kompensiren, schlägt Verf. vor, durch einen Apparat, welcher einen Siderostaten ohne Spiegel vorstellt, der Platte die Drehung des Gesichtsfeldes zu ertheilen. Das in der Richtung vom Himmelspol kommende und nach der Platte reflektirte Strahlenbündel würde man an dem Apparat durch Metallstäbe darstellen und durch den Stab, welcher an der Stelle, wo das Bild des Himmelspols zu liegen kommt, die Platte trifft, diese letztere bewegen lassen. Nimmt man statt des vom Pol kommenden Strahlenbündels ein anderes, so braucht man einen Stab mehr.

Ins Detail geht Verf. bei seinem Vorschlag, den er für leicht realisirbar zu halten scheint, der aber gerade wegen der Schwierigkeit der Ausführung wohl nie realisirt werden wird, nicht weiter ein. *Kn.*

Mechanische Kompensation der Rotation des von einem Siderostaten oder Heliostaten gelieferten Gesichtsfeldes.

Von A. Cornu. *Compt. rend.* **132.** *S. 1013. 1901.*

Verf. macht darauf aufmerksam, dass die Gleichung

$$\operatorname{tg} {}^1/_2 \lambda = \frac{\cos {}^1/_2 (\varrho+\delta)}{\cos {}^1/_2 (\varrho-\delta)} \operatorname{tg} {}^1/_2 t$$

(vgl. die vorhergehenden Referate), welche das Gesetz der Rotation des vom Siderostaten gelieferten Gesichtsfeldes darstellt, auch bei der Theorie des Hooke'schen Schlüssels auftritt. Diese in Ambronn, Handbuch der astronomischen Instrumentenkunde. Berlin, J. Springer 1899, am Schluss des 1. Bandes behandelte Theorie führt nämlich auf die Gleichung $\operatorname{tg}\psi = \cos\alpha \operatorname{tg}\varphi$, wo φ der Drehungswinkel des Handgriffes, ψ der Drehungswinkel der zur Mikrometer-

schraube führenden Achse und α das Supplement des Winkels ist, unter dem die beiden Achsen sich treffen. Man könnte also ein solches Universalgelenk zur Drehung der photographischen Platte benutzen. Der Winkel α würde bestimmt sein durch die Gleichung

$$\frac{\cos \frac{1}{2}(\varrho + \delta)}{\cos \frac{1}{2}(\varrho - \delta)} = \cos \alpha.$$

Für obere Kulmination ist in der That $\frac{\cos \frac{1}{2}(\varrho + \delta)}{\cos \frac{1}{2}(\varrho - \delta)}$ immer kleiner als Eins, $\alpha = 90^0$ gilt für den Fall des August'schen Heliostaten, wo die Drehung gleich Null ist; die beiden Achsen des Hooke'schen Schlüssels stehen bei $\alpha = 90^0$ auf einander senkrecht und der Schlüssel dreht sich bekanntlich nicht. Wird $\frac{\cos \frac{1}{2}(\varrho + \delta)}{\cos \frac{1}{2}(\varrho - \delta)} > 1$, so kann man von der Gleichung $\operatorname{tg} \varphi = -\frac{1}{\cos \alpha} \operatorname{tg} \psi$ ausgehen.

Die Kompensation der Drehung des Gesichtsfeldes durch das Universalgelenk hat vor den von Turner, Plummer und Lippmann vorgeschlagenen Einrichtungen (siehe die vorhergehenden Referate) den Vortheil, dass sie mechanisch leichter ausführbar ist und, weil bei ihr keine zu Reibung Anlass gebende Führung in Kulissen und Röhren vorkommt, sicherer wirkt. Verf. erwartet aber von der Anbringung irgend einer Kompensationsvorrichtung überhaupt keinen vollen Erfolg; denn es sei, damit die Bilder auf der Platte ihre Stelle beibehalten, nicht nur nöthig, dass die Platte um den richtigen Winkel, sondern auch um den genau richtigen Punkt als Zentrum gedreht werde. Bei einer Nachhülfe, die man der Drehung der Platte ertheile, habe man daher immer wenigstens zwei Punkte der Platte ins Auge zu fassen, während beim Photographiren mit einem parallaktisch aufgestellten Fernrohr nur ein Stern zu pointiren sei. Bei dem grossen Fernrohr auf der vorjährigen Pariser Weltausstellung sei vom Mechaniker P. Gautier auf Grund der vom Verf. ihm mitgetheilten numerischen Beträge der Rotationsgeschwindigkeit eine ganz einfache Kompensationsvorrichtung angebracht worden, die theoretisch keineswegs exakt gewesen sei, aber für photographische Aufnahmen von kurzer Expositionszeit genügt habe. *Kn.*

Astronomisches Nivellement durch Württemberg etwa entlang dem Meridian 9° 4' östlich von Greenwich.

Von E. Hammer. *Veröffentlichg. d. K. Württemb. Komm. f. d. intern. Erdmessg. 4°. VIII, 157 S. Stuttgart 1901.*

Direkte Polhöhenbestimmung für einen Punkt in Stuttgart.

Von E. Hammer. *Jahreshefte d. Vereins f. vaterl. Naturkunde in Württemberg* **57.** *S. 43. 1901.*

1. Verfasser hat in den Jahren 1897 und 1898 auf den Punkten: Bitz, Mössingen, Lustnau, Schönaich, Markgröningen, Freudenthal, Brackenheim, Schwaigern, Fürfeld, Katzenbuckel, ausserdem im Jahre 1896 in Solitude die astronomische Breite theils selbst bestimmt, theils unter seiner Anleitung bestimmen lassen; ausserdem sind in Solitude, Markgröningen und auf dem Katzenbuckel Azimuthe gemessen worden. Die 11 Stationen liegen sehr nahe auf einem Meridian; die Differenz der Endpolhöhen ist 1° 14'.

Das Instrument zur Polhöhenbestimmung war ein Breithaupt'sches Universalinstrument mit verdecktem 8-zölligen Höhenkreise. Aus gewissen Differenzen in den Messungen, die den Ausschluss mehrerer Sätze veranlassten, schliesst Verfasser, dass „der Höhenkreis gelegentlich beim Kippen des Fernrohrs um kleine Beträge mitgeschleppt worden ist; die Ursache war entweder nicht genügendes Anziehen der Mutter oder aber vielleicht Anstreifen des Verdecks an dem Kreis.“ Es wurde nicht die optische Mittellinie in der ganzen Länge der Striche oder eines Theiles derselben, sondern deren fein ausgezogene Spitzen eingestellt. Der mittlere Fehler einer Ablesung vom Höhenkreis ist $\pm 1{,}28''$; die Theilungsfehler sind merklich.

Die Methode war die der Zirkummeridianhöhen. Nordstern war stets Polaris, nach Süden dienten mehrere Sterne des Fundamentalkatalogs, in ungefähr gleicher Zenith-

distanz mit Polaris, zur Messung. Durch Vertheilung der Ablesungen über den ganzen Kreis wurde der Einfluss der Theilungsfehler aus den Resultaten fast durchweg streng eliminirt.

Die einzelnen Reduktionen werden mit grosser Ausführlichkeit entwickelt und mehrere Fehlerursachen eingehend untersucht; Referent würde auch die Auwers'schen Korrektionen der Deklinationen nach *Astron. Nachrichten Nr. 3508* angebracht haben. Der mittlere Fehler der Polhöhe einer Station ist $\pm 0{,}24''$ und somit genügend klein; er enthält u. A. ausser den zufälligen noch einen Theil der systematischen Theilungsfehler.

Die Azimuth- (und Winkel-)Messungen sind theils mit demselben Breithaupt'schen Universalinstrument, theils mit einem Pistor & Martins'schen Theodolit angestellt worden. Es wurden direkt die Horizontalwinkel zwischen Polaris und den durch Heliotropenlicht sichtbar gemachten irdischen Objekten gemessen. Die Theilungsfehler sind wiederum durch Beobachtung in äquidistanten Kreisständen fast streng eliminirt. Auch hier sind die mittleren Fehler der Resultate genügend klein.

Die Endwerthe für die Polhöhen, die auf Tübingen, den Nullpunkt des Württembergischen Koordinatensystems bezogenen geodätischen Polhöhen, sowie die Lothabweichungen selbst finden sich auf *S. 155;* die Reihe der letzteren ist

Station	Polhöhe (astron.)	Lothabw.
Bitz	48° 14,7'	— 3,9"
Mössingen	24,6	+ 2,8
Lustnau	32,1	— 0,6
Schönaich	39,6	+ 0,2
Solitude	47,2	+ 0,6
Markgröningen	54,8	— 1,7
Freudenthal	49° 0,5	— 3,1
Brackenheim	4,8	— 2,8
Schwaigern	8,7	— 1,6
Fürfeld	12,4	— 0,9
Katzenbuckel	28,3	+ 2,0

Danach erscheint der ganze Bogen genügend dicht besetzt bis auf das Intervall Bitz-Mössingen.

2. Die in der zweiten, kleineren Abhandlung enthaltene Polhöhenbestimmung schliesst sich im Grossen und Ganzen jener der eben besprochenen ersten an, das Resultat ist

	Polhöhe (astron.)	Lothabw.
Stuttgart (Kornberg). . .	48° 47,1'	— 1,7".

Besonders deutlich treten hier die Theilungsfehler des Höhenkreises hervor; man vergleiche die Gänge in den Grössen $\varphi - 48° 47' 5{,}00''$ auf *S. 60.* *Sn.*

Praktisches Verfahren, um ein Chronometer vollständig zu kompensiren.

Von Ch. Ed. Guillaume. *Compt. rend.* **132.** *S. 1105. 1901.*

Zunächst sei bemerkt, dass der Titel der Abhandlung nicht ganz wörtlich übersetzt wurde. Ist nämlich ein Chronometer für zwei extreme Temperaturen kompensirt, so ist dies bekanntlich nicht der Fall für die zwischenliegenden, und den so entstehenden Fehler nennen die Franzosen *erreur secondaire*. Wir haben hierfür keinen deutschen technischen Ausdruck, und ein solcher ist auch entbehrlich, da es sich thatsächlich um keinen „nebensächlichen Fehler" handelt, sondern um eine Unvollkommenheit in der Kompensation, die sehr störend wirkt und welcher man in vielen Weisen, insbesondere durch Einführung der sogenannten Hülfskompensationen, abzuhelfen trachtete. Nun hat Guillaume ein neues Verfahren für die Erzielung einer vollständigeren Kompensation erdacht, welches bereits gute Resultate lieferte und in Folgendem besteht.

Villarçeau hat die Aenderung der Krümmung einer bimetallischen Lamelle durch die Gleichung ausgedrückt (*Ann. de l'Observatoire de Paris Nr. 7*)

$$\frac{1}{\varrho} - \frac{1}{\varrho_0} = \frac{J - J_0}{h}$$

(ϱ, ϱ_0 sind die Krümmungshalbmesser bei den Temperaturen J, J_0), in welcher h eine ziemlich komplizirte Grösse darstellt, deren Hauptglied aber Null wird, wenn man die relativen Dicken der Lamellen so wählt, dass ihre Wirkung ein Maximum würde; es bleibt dann $h = \frac{2}{3} \frac{e}{\alpha_2 - \alpha_1}$ übrig, wobei e die Dicke der Lamelle bedeutet und α_1, α_2 die Ausdehnungskoeffizienten der bezüglichen Metalle sind.

Das Gesetz der Aenderung von h hängt wesentlich von der Aenderung ab, welche $\alpha_2 - \alpha_1$ bei den verschiedenen Temperaturen erleidet. Aus den Untersuchungen, welche Benoît mit dem Apparate von Fizeau anstellte, geht hervor, dass für Stahl und Messing die Differenz $\alpha_2 - \alpha_1$ eine merklich lineare Funktion der Temperatur ist, weil nämlich die quadratischen Glieder für beide Metalle beinahe gleich sind. Daraus kann geschlossen werden, dass der übrigbleibende Fehler in der Kompensation fast ganz durch das zweite Glied jenes Ausdruckes bedingt wird, welcher die Aenderung der Elastizität des Stahles darstellt. Die Korrektion dieses Ausdruckes wird man bei einer kreisförmigen Unruhe nur durch die Kombination von Metallen erzielen können, deren Ausdehnungskoeffizienten sich mit der Zunahme der Temperatur ändern.

Man findet nun, dass das Ausdehnungsgesetz des Nickelstahles ein zweites Glied enthält, welches bei verschiedenen Legirungen wesentliche Veränderungen erleidet und bei 36 bis 47% Nickel immer negativ bleibt. Innerhalb dieser Grenze giebt es aber eine Legirung, welche mit Messing kombinirt die erwünschte Divergenz ergiebt. Guillaume hat nun diese Kombination glücklich zu Stande gebracht, und Vaucher-Ferrier in Travers hat bereits derlei Unruhen angefertigt, welche recht befriedigende Resultate ergaben. Nachstehend sind die Ergebnisse einer Beobachtungsreihe aufgeführt.

Chronometer I.		Chronometer II.		Chronometer III.	
Temp.	Gang.	Temp.	Gang.	Temp.	Gang.
8,8°	+ 2,80 Sek.	10,7°	− 0,30 Sek.	12,9°	+ 0,21 Sek.
0,5	2,32	0,8	0,24	0.4	− 0,51
0,6	2,67	1,0	0,35	0,4	0,71
0,8	2,71	1,2	0,26	0,4	0,42
10,3	3,33	13,0	+ 0,09	10,9	+ 0,12
10,2	3,07	12,9	0,13	10,9	− 0,05
9,5	3,02	13,3	− 0,61	10,6	+ 0,15
30,7	2,85	32,8	+ 0,50	9,6	0,18
31,9	3,25	32,7	0,13	32,8	− 0,60
31,4	3,30	32,2	0,16	32,6	0,33
9,2	3,05	12,6	− 0,27	31,8	+ 0,19
8,9	2,91	12,0	0,60	12,0	− 0,35
		10,9	0,42	12,4	0,07
				12,5	+ 0,15.

Diese Resultate sind allerdings sehr befriedigend, doch möchte der Ref. bemerken, dass sie nicht überraschen; bei den letztjährigen Chronometerprüfungen in Hamburg war manche Längenuhr vorhanden, die mindestens ebenso gut ging. *E. G.*

Verflüssigung des Wasserstoffs.

Von M. W. Travers. *Phil. Mag.* **1.** *S. 411. 1901; Zeitschr. f. phys. Chem.* **37.** *S. 100. 1901.*

Der Verfasser beschreibt in der vorliegenden Arbeit eine von ihm konstruirte Vorrichtung zur Gewinnung grösserer Mengen flüssigen Wasserstoffs. Einleitungsweise ist ein gedrängter historischer Ueberblick des Gegenstandes gegeben, in dem auch die Unterschiede der von verschiedenen Physikern verwendeten Methoden zur Erzeugung tiefer Temperaturen

kurz auseinandergesetzt werden. Es mag davon hier zur allgemeinen Orientirung nur an Folgendes erinnert werden.

Die frühere Methode, die Abkühlung eines komprimirten (vollkommenen) Gases bei Leistung äusserer Arbeit zur Konstruktion von Kältemaschinen zu benutzen, ist verlassen worden, seitdem C. Linde auf die praktische Verwendbarkeit der Joule-Thomson'schen Untersuchungen über die *freie* Expansion unvollkommener Gase die Aufmerksamkeit gerichtet hatte[1]). Bekanntlich tritt bei der *freien* Expansion unvollkommener Gase eine Temperaturerniedrigung auf, bei Wasserstoff und wahrscheinlich auch bei Helium aber eine Temperaturerhöhung („übervollkommene" Gase in der Regnault'schen Bezeichnung). Es schien also zunächst ausgeschlossen zu sein, den Wasserstoff auf diesem Wege zu verflüssigen. Es gelang aber vor kurzer Zeit Dewar, den experimentellen Nachweis zu führen, dass auch Wasserstoff bei einer Temperatur unter — 200° sich wie ein unvollkommenes Gas verhält[2]), sodass nunmehr der Anwendbarkeit des Linde'schen Verfahrens auch auf dieses Gas nichts im Wege stand, wofern nur das Gas vor der Expansion hinreichend gekühlt war. Danach ist der im Folgenden beschriebene Apparat konstruirt, dessen Prinzip mit dem Linde'schen — oder Hampson-Linde'schen, wie es der Verfasser nennt — im Wesentlichen identisch ist.

Die beigegebene Figur, welche mit der Originalfigur bis auf einige der Kürze wegen fortgelassene Einzelheiten übereinstimmt, stellt den eigentlichen Verflüssigungsapparat dar, in den das vom Kompressor auf 200 Atmosphären verdichtete Gas bei *d* eintritt. Es wird zunächst in dem irdenen Gefäss *A* durch eine Kohlensäure-Alkohol-Mischung auf — 80° vorgekühlt, passirt sodann einen mit flüssiger Luft gefüllten Behälter *B* und durchströmt das unter *B* gelegene Gefäss *C*, in welchem die durch ein Ventil, das von oben bei *b* zu reguliren ist, tropfenweise eintretende Luft unter 100 *mm* Quecksilberdruck zum Sieden gebracht wird; die Druckverminderung geschieht mittels einer Saugpumpe, mit der *C* durch ein nach oben hinausführendes Rohr *f* verbunden ist. Das auf diese Weise bis zu einer Temperatur von — 200° abgekühlte Gas geht nun durch die zahlreichen Windungen des Regenerators *D* zum Expansionsventil *E*, dessen Oeffnung durch eine ebenfalls nach oben führende Stange mit Handrad *a* fein regulirt werden kann. Der Regenerator *D* und das Expansionsventil *E* sind umschlossen von einem Vakuummantelgefäss *H*, durch dessen untere Oeffnung der flüssige Wasserstoff in den leicht abnehmbaren Sammelbehälter *K* abfliessen kann. Das Gefäss *H* schliesst sich nach oben dicht an das mit den Räumen *B* und *C* konzentrische Rohr *k* an, sodass das bei *E* zunächst nur stark abgekühlte, aber noch nicht verflüssigte Gas, nachdem es zwischen den Windungen des Regenerators nach oben gestiegen war und eine weitere Abkühlung desselben herbeigeführt hatte, in den mit *F* bezeichneten ringförmigen Zwischenraum treten und durch die Rohre *G*, *W*, *R* wieder zum Kompressor zurückkehren kann.

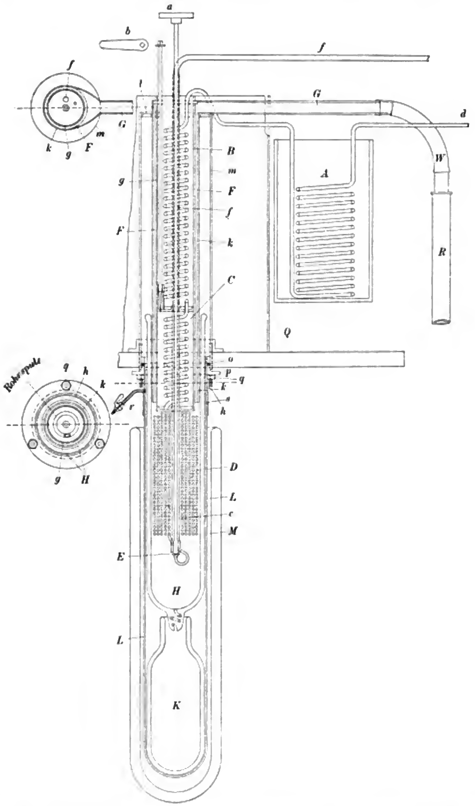
Das Ventil *E* ist nach einem Hampson'schen Modell konstruirt und zwar so, dass es durch etwaige aus dem Wasserstoff sich absondernde feste Körper nur schwer verstopft werden kann; um ein Verstopfen gänzlich zu vermeiden, muss allerdings während des ganzen Versuches das Ventilrad *a* langsam hin und her gedreht werden.

Der Regenerator *D* besteht aus etwa 25 *m* gezogenem Kupferrohr von 2 *mm* innerem, 3,6 *mm* äusserem Durchmesser, welches zu einem Zylinder von etwa 7 *cm* Durchmesser und 18 *cm* Höhe spiralförmig gewunden war; die Einzelwindungen waren durch Loth in ihrer Lage festgehalten.

---

[1]) Dieser prinzipielle Unterschied beider Methoden ist bei der Beurtheilung der über diese Materie entstandenen Prioritätsstreitigkeiten von wesentlicher Bedeutung; vgl. die Bemerkungen C. Linde's in den *Ber. d. Deutsch. chem. Ges.* **32.** *S. 925. 1899.*

[2]) Die Existenz eines Umkehrpunktes des Joule-Thomson'schen Effekts bei Wasserstoff war übrigens von Kamerlingh Onnes aus theoretischen Gründen schon seit längerer Zeit vermuthet worden.



Das den Generator D und das Ventil E umschliessende Gefäss H ist unter Zwischenlage eines Flanellstreifens von unten über das Rohr k geschoben; um aber eine gasdichte Verbindung zu erzielen, ist konzentrisch mit k ein oben bei l geschlossenes, mit m bezeichnetes Rohr angebracht, das den oberen Theil von H umschliesst und bei o, p eine Dichtung durch einen Gummiring enthält, welcher mittels der Schraubenmuttern q zusammengepresst werden kann. Auf den Flansch p ist noch ein kurzes Rohr h gelöthet, an welches sich von unten

mittels einer ringförmigen Gummihülse *s* das weite, unten verschlossene Glasrohr *L* schliesst, das den unteren Theil von *H* und das Sammelgefäss *K* umgiebt. Damit man durch dieses Rohr *L* hindurch ungehindert den Verflüssigungsprozess beobachten kann, ist es noch von einem mit flüssiger Luft gefüllten Vakuumgefäss umgeben, wodurch das Beschlagen des Rohres *L* mit atmosphärischer Feuchtigkeit verhindert wird. Das Rohr *L* kommunizirt übrigens durch den in dem Rohrstutzen *h* angebrachten Hahn *r* mit der Aussenluft; nur wenn *r* geöffnet ist, kann das verflüssigte Gas aus dem Gefäss *H* durch dessen untere Oeffnung in den Sammelbehälter *K* ablaufen.

Besonderer Werth ist auf die gute Wärme-Isolation der abkühlenden Theile des Apparates gelegt. Die unteren Theile sind durch die Vakuummantelgefässe hinreichend geschützt, die Behälter *B* und *C* erstens durch die im ringförmigen Raume *F* aufsteigenden, durch Expansion bei *E* gekühlten Gase, zweitens durch den mit Wolle ausgestopften vom Rohr *m* umgebenen Theil, drittens durch ein über das Ganze gestülptes, ebenfalls mit Wolle gefülltes Gefäss *Q*.

Damit ist die Beschreibung des eigentlichen Wasserstoff-Verflüssigers erledigt. Es erübrigt noch, Einiges hinzuzufügen über die Gasgewinnung und über die Handhabung des ganzen Apparates.

Das Gas wurde durch Einwirkung von verdünnter Schwefelsäure auf Zink erhalten und, nachdem es eine Lösung von übermangansaurem Kali passirt hatte, in einem Gasometer aus Eisenblech über mit Wasserstoff gesättigtem Wasser aufgefangen. Der Kompressor verdichtet es in bekannter Weise erst auf 16 und dann auf 200 Atmosphären, wobei eine Wasserkühlung in Thätigkeit tritt. Ehe der Wasserstoff in den eigentlichen Verflüssigungsapparat gelangt, wird er über Aetzkali hinreichend getrocknet; die dabei angewandten Vorsichtsmaassregeln gegen Verlust an Gas mögen hier übergangen werden. Der Verflüssiger selbst wird durch hineingeleitete flüssige Luft vorgekühlt. Nach Angabe des Verfassers beträgt der Gesammtverlust an Wasserstoffgas etwa 10%. Bemerkungen über die Kosten des Apparates und die eines Versuches beschliessen die Arbeit. *Rt.*

Neigungsmesser für Schiffe.

Von A. Mallock. *Engineering* **71.** *S. 407. 1901.*

Der Verf. beschreibt einen neuen Neigungsmesser (Klinometer) zum Messen des Ueberliegens und Schlingerns der Schiffe. Die Angaben des früher gebräuchlichen Krängungspendels sind mit beträchtlichen Fehlern behaftet, da der Pendelkörper durch die Massenbeschleunigung bei der seitlichen Bewegung des schlingernden Schiffes einen Antrieb erhält und daher weiter ausschlägt, als die Neigung des Schiffes allein bedingt. Das an Stelle des Krängungspendels vielfach benutzte Latteninstrument ist zwar von systematischen Fehlern frei, hat aber den Nachtheil, dass es zwei Beobachter erfordert und bei schlechtem Wetter nur selten und bei Nacht überhaupt nicht gebraucht werden kann in Folge der Unsichtbarkeit des Horizonts. Der neue Neigungsmesser, der diese Nachtheile vermeidet, ist folgendermaassen konstruirt: Ein Schaufelrad dreht sich mit feinen Zapfen im Innern einer flachen zylindrischen Büchse, die mit einem Glasdeckel verschlossen und vollständig mit Flüssigkeit gefüllt ist. Ein kleines Uebergewicht beschwert das Rad an einer Seite und verwandelt es so in ein Pendel; daher kann auf der an dem Schaufelrad angebrachten Gradeintheilung und mittels eines festen Zeigers die Neigung direkt abgelesen werden.

Fehler in den Angaben des Instruments können auftreten 1. durch die seitliche Beschleunigung beim Schlingern, da das Instrument ein Pendel ist, 2. durch Mitschleppen von Flüssigkeit und Rad durch die Reibung an der Büchsenwandung bei der durch das Schlingern veranlassten Drehbewegung, 3. durch Mitschleppen des Rades in Folge von Zapfenreibung. Der erste Fehler wird durch die Flüssigkeit auf einen verschwindenden Betrag gebracht. Da durch das Pendel in Folge seiner Konstruktion als Schaufelrad bei einer Drehung ein Theil der Flüssigkeit mitgeschleppt wird, so wird seine Schwingungszeit auf 30 bis 40 Se-

kunden erhöht und Verf. zeigt, dass der durch die seitliche Beschleunigung verursachte Ausschlag eines solchen Pendels auf allen gebräuchlichen Seeschiffen unterhalb 1° bleibt. Die zweite Fehlerquelle wird durch den grossen Abstand zwischen Schaufelrad und Büchsenwand, der 2,5 *cm* beträgt, unschädlich gemacht, denn an der Hand der Wellentheorie kann Verf. nachweisen, dass das Mitschleppen des Rades in dieser Entfernung nur geringe Bruchtheile eines Grades beträgt. Die Zapfenreibung endlich ist unbedeutend, da das Rad so konstruirt ist, dass sein spez. Gewicht gleich dem der Flüssigkeit ist, sodass es schwimmt und dadurch der Lagerdruck auf ein Minimum zurückgeführt wird.

Ein weiterer Vortheil der Flüssigkeit ist der, dass freie Schwingungen, die sowohl in Folge seitlicher Beschleunigung als in Folge von Zapfenreibung durch plötzliche Stösse bei Beginn des Schlingerns und bei unregelmässigem Schlingern auftreten können, so stark gedämpft werden, dass die Ausschläge unmerklich bleiben. Versuche mit dem Neigungsmesser haben ergeben, dass bei Schiffen mit einer Schlingerperiode von weniger als 20 Sek. die Fehler nur selten bis zu einem Grad anwachsen und im Allgemeinen geringer sind; nur bei aussergewöhnlich starkem Stampfen, welches die Zapfenreibung vermehrt, zeigten sich grössere Fehler.

Leider stellt Verf. keinen Vergleich seines Instruments mit den neueren Neigungsmessern von Evelyn und Hicks an, die auf den Prinzipien der Wasserwaage und der kommunizirenden Röhren beruhen, und theilt auch nicht mit, ob und welchen Fortschritt seine Erfindung diesen Apparaten gegenüber bedeutet, was sich wohl nur durch praktische Versuche wird feststellen lassen. *Ks.*

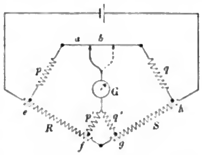
Universalbrücke nach Carey Foster.

Von Ch. V. Drysdale. *The Electrician* **45.** *S. 883. 1900.*

Drysdale ändert die Methode von Carey Foster zunächst insofern ab, als er den Schleifdraht nicht zwischen die zu vergleichenden Widerstände R und S, sondern zwischen die Verzweigungs-Widerstände p und q schaltet. Man stellt durch Verschieben des Schleifkontaktes auf Stromlosigkeit im Galvanometer ein, vertauscht danach R und S mit einander und sucht wieder durch Verschieben des Schleifkontaktes die Nullstellung. Dann ist

$$S - R = (J_1/J_2)\,b = (R+S)\,b/(p+q+l) \quad \text{oder} \quad \frac{S-R}{\frac{1}{2}(S+R)} = \frac{2b}{p+q+l}\,. \qquad 1)$$

Darin bedeutet b den Widerstand des Drahtstückes zwischen den beiden Stellungen des Schleifkontaktes, l den Widerstand des ganzen Schleifdrahtes, J_1 und J_2 die Stromstärken in dem Zweige $(R+S)$ bezw. $(p+q)$. Diese Formel liefert somit direkt die prozentische Abweichung der Widerstände von einander.



Um auch kleine Widerstände messen zu können, kombinirt Drysdale diese Anordnung mit der Thomson'schen Brücke. R und S (vgl. die Figur) sind die zu vergleichenden kleinen Widerstände, $efgh$ die Potentialklemmen derselben; das Stück fg, dessen Widerstand mit x bezeichnet werden möge, wird durch die Widerstände p' und q' überbrückt. Nach Aufsuchen der Schleifkontaktstelle, die das Galvanometer stromlos macht, wird R mit S vertauscht und eine zweite Einstellung gemacht. Dann wird wieder $S - R = (J_1/J_2)\,b$.

Diese Grösse ist jetzt aber nicht, wie Drysdale anzunehmen scheint, gleich $(R+S)\,b/(p+q+l)$, vielmehr tritt jetzt noch ein Glied $x\,b/(p+q+l)$ hinzu, das keineswegs bei genauen Messungen vernachlässigt werden darf.

Zu einer exakten Widerstandsmessung müsste auch zwischen p' und q' ein Schleifdraht, dessen Widerstand l' genannt sei, eingeschaltet werden. Regulirt man jetzt an

beiden Drähten und nennt b und b' die Widerstände der Drahtstücke zwischen den beiden Stellungen auf jedem der Schleifdrähte, so findet man

$$\frac{S-R}{S+R} = \frac{b}{p+q+l} + \frac{x}{R+S}\left(\frac{b}{p+q+l} - \frac{b'}{p'+q'+l'}\right).$$

Soll die Messung von der Grösse des Uebergangswiderstandes x unabhängig sein, so muss b und b' so gewählt werden, dass $\frac{b}{p+q+l} = \frac{b'}{p'+q'+l'}$ ist. Ist z. B. $p = p'$, $q = q'$, $l = l'$, so muss auch $b = b'$ sein; d. h. es ist erforderlich, beide Schleifkontakte um gleiche Stücke zu verschieben.

Drysdale dagegen macht dauernd $b' = 0$, während er b endliche Werthe giebt. Dies verursacht bei kleinen Widerständen erhebliche Fehler; hat man z. B. zwei Widerstände von der Grössenordnung $^1/_{10000}$ Ohm mit einander zu vergleichen und beträgt der Verbindungswiderstand x nur $^2/_{10000}$ Ohm, so wird der prozentische Fehler $\frac{S-R}{S+R}$ doppelt so gross gefunden, als er wirklich ist.

In der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt ist seit Jahren eine Anordnung im Gebrauch, wo die Schleifdrähte durch Verzweigungsbüchsen ersetzt sind. Dabei werden die Kontakte in *beiden* Verzweigungsbüchsen stets in gleicher Weise verändert (vgl. *diese Zeitschr.* ***15.*** *S. 427. 1895*).

Die Bemerkung des Verfassers, dass seine Form der Brücke allen bisher konstruirten überlegen sei, dürfte somit den Thatsachen recht wenig entsprechen. Es verlohnt sich unter diesen Umständen nicht, konstruktive Einzelheiten zu beschreiben. *E. O.*

Neue Methode, die Schwingungen einer Stimmgabel zu unterhalten.

Von A. u. V. Guillet. *Compt. rend.* ***130.*** *S. 1002. 1900.*

Die Methode von Guillet besteht darin, dass die Schwingungen der Gabel auf ein Mikrophon übertragen werden. Der Mikrophonstrom wird durch einen die Gabel erregenden Elektromagneten geleitet; er reicht aus, um bei geeigneter Justirung des Mikrophons kräftige Schwingungen zu erzeugen. Ist die Gabel auf einem Resonanzkasten befestigt, so genügt es, das Mikrophon in einem kleinen Abstand vor der Mündung des Kastens aufzustellen.

E. O.

Neu erschienene Bücher.

J. B. Johnson, *The Theory and Practice of Surveying.* 15. (16.) Aufl. XXX, 838 S. New York, Wiley 1900. 17 M.

Ein amerikanisches Werk, das wie die vorliegende Geodäsie des Verf., Professors an der Universität von Wisconsin, in kurzer Zeit 16 Auflagen erlebt hat, ist gewiss auch der Aufmerksamkeit deutscher Ingenieure und Mechaniker werth, weil man sicher sein kann, hier die wichtigsten und gangbarsten Formen der Vermessungsinstrumente, wie sie in den Vereinigten Staaten sich herausgebildet haben, beschrieben und abgebildet zu finden.

Merkwürdig ist, dass in den Ländern englischer Zunge das Stahlband immer noch nicht im Stande war, die Gliederkette ganz aus der Stückmessung u. s. f. zu verdrängen: zwei Arten der Kette werden immer noch benutzt, die „Ingenieurkette" von 50 oder 100 engl. Fuss Länge und die Feldmesserkette (nach Gunter, zur bequemen *acre*-Rechnung) von 66 Fuss, in 100 *links* zerlegt (1 *link* = 7,92 engl. Zoll). Dass die Bussole in allen möglichen Formen eine weit grössere Rolle spielt als bei uns, ist bekannt; die gewöhnliche Nadelbussole wird aber vielfach neuerdings ersetzt durch Vorrichtungen zur Bestimmung der Mittagslinie mit Hülfe der *Sonne*, wie z. B. Burt's „Sonnenkompass", ein Diopterinstrument zur unmittelbaren Messung von Azimuthen. Bei den Fernrohren der feinern Messinstrumente, so besonders bei den Nivellirinstrumenten, werden in Amerika terrestrische Okulare bevor-

zugt. Das Hauptwinkelmessinstrument, der „Transit-Theodolit" oder das Transit, ist ausser dem Horizontalkreis für Horizontalwinkel auch mit zentraler Bussole versehen; die Höhenfeinschraube ist als Tangentenschraube zur Messung eingerichtet (*Gradienter Attachment*). Auf die Kippachse kann in der Regel ein „*Solar Attachment*" aufgesetzt werden, wodurch auch der Transit-Theodolit zum „*Solar Compass*" gemacht, d. h. zur Aufsuchung der Nord-Süd-Linie eingerichtet wird; das *Solar Attachment* (in mehreren Formen vorhanden, eine der einfachsten ist die 1881 von Sägmüller erfundene) ist bei uns in Deutschland kaum irgendwo zu sehen, freilich bei den fertigen und weitgehenden Triangulirungen kaum nothwendig, da die direkte Ablesung der Azimuthe durch den Anschluss an trigonometrische Azimuthe oder Richtungswinkel ersetzt werden kann.

Dass der Messtisch in Amerika für topographische Aufnahmen noch ein weites Feld hat, ist selbstverständlich, und seine prinzipiellen Gegner würden *dort* schwer einen Ersatz für ihn schaffen können. Von Aneroiden ist nur die Naudet-Vidie'sche Form gebräuchlich. Bei den Pantographen wird auffallenderweise keiner der neuern Hängepantographen erwähnt. Von Rechenschiebern erwähnt Johnson nur solche mit geradlinigen Skalen, das gewöhnliche und das Thatcher'sche Instrument. Zur Ausrechnung der Tachymeter-(„*Stadia*-") Punkte wird für die Höhen als die „*by far the most expeditious method*" die mit Hülfe des Colby'schen Rechenschiebers erklärt: abermals eine beste Methode! Jeder Rechner ist eben hier geneigt, das für das Beste zu halten, an was er sich gewöhnt hat.

Das Buch umfasst ausser den Kleinaufnahmen, den topographischen und Eisenbahn-Messungen auch die hydrographischen Messungen sowie die markscheiderischen Messungen; die hier vorkommenden Theodolitformen mit zweitem angesteckten Fernrohr sind auch in Deutschland (besonders durch Breithaupt) bekannt. Weitere Kapitel sind: Messungen für Stadtaufnahmen und Stadterweiterungen; Ermittlung von Kubikinhalten; geodätische Aufnahmen (die Formen der Triangulirungstheodolite nähern sich immer mehr deutschen Modellen; bei der Basismessung wird besonders die mit Metallbändern und Drähten ausführlicher behandelt; auch der Nivellirapparat für Fein-Nivellements kommt dem bei uns üblichen immer näher).

Die Anhänge des Buchs bieten nichts mehr, was im Sinn dieser Zeitschrift in Betracht käme; sie haben aber gewiss nicht zuletzt zu seiner ausserordentlichen Verbreitung beigetragen. *Hammer.*

R. Etzold, Zeitbestimmung mittels des Passage-Instruments. gr. 8°. II, 95 S. m. 37 Abbildgn. Leipzig, W. Diebener 1901. 2,00 M.

Der Verf. giebt eine (für Uhrmacher, Liebhaber der Astronomie, Lehrer u. s. f. bestimmte) elementare Anleitung zur Bestimmung der Ortszeit mit dem kleinsten von Heyde in Dresden hergestellten tragbaren Durchgangsinstrument. Der geringe Preis dieses kleinen Instruments (120 M.; Achsenlibelle von 10" für 2 *mm*, entsprechendes Fernrohr) bei nicht ganz unbedeutender erreichbarer Genauigkeit (1 Sek. bei guter Handhabung) lässt es für viele Hände und Zwecke erreichbar und genügend erscheinen, für die man an feinere eigene Zeitbestimmungen nicht denken kann. Uebrigens sind auch einige feinere tragbare Durchgangsinstrumente von Heyde besprochen (z. B. eines mit Libelle von 4", Fernrohr mit 48 *mm* Oeffnung, Preis 660 M., und eines mit gebrochenem Fernrohr derselben Oeffnung und mit mechanischer Umlegung, Preis 900 M.). *Hammer.*

L. Weinek, Die Tychonischen Instrumente auf der Prager Sternwarte. Lex.-8°. 11 S. mit 2 Taf. Prag, Sternwarte 1901.

In einer Schrift über die „Prager Tychoniana", Prag 1901, hat Studnička (Professor der Mathematik an der tschechischen Universität zu Prag) den frühern Direktoren der Prager Sternwarte den Vorwurf gemacht, sie hätten kostbare Instrumentenreliquien Tycho's verschleudert; der Verf. des vorliegenden Schriftchens, der gegenwärtige Direktor der Prager Sternwarte, weist diesen Vorwurf als ganz unberechtigt nach und bildet die beiden wichtigsten Instrumente Brahe's ab, einen grössern Sextanten (im alten Sinn des Worts),

von Erasmus Habermel 1600 verfertigt (Halbmesser 1,30 *m*) und einen kleinern Sextanten (Halbmesser 1,11 *m*), den Tycho nach Prag mitbrachte, beide auf Stehfüssen montirt. Endlich wird auch noch berichtet über ein drittes Instrument, einen Quadranten von 1,03 *m* Halbmesser, ohne Transversalen auf der Theilung, der wohl ebenfalls aus der Zeit Kaiser Rudolfs II. stammt. Die Notiz ist ein dankenswerther Beitrag zur Geschichte des Instrumentenbaus. *Hammer.*

E. Vogel, Taschenbuch der praktischen Photographie. 8. u. 9. Aufl. 12°. VII, 319 S. mit Abbildgn. u. 7 Taf. Berlin, G. Schmidt 1901. Geb. in Leinw. 2,50 M.

Während die 7. Auflage (1900) des vorliegenden Taschenbuchs ein Abdruck der etwa ein Jahr vorher erschienenen 6. war, ist die kürzlich erschienene Doppelauflage neu durchgearbeitet. Neuem Material nnd neuen Verfahren ist Rechnung getragen, andrerseits sind Kürzungen vorgenommen, sodass der Umfang des Buches etwa derselbe geblieben ist.

Die älteren Anflagen sind zu verbreitet, als dass es nöthig schiene, hier näher auf den Inhalt einzugehen. Im Wesentlichen wendet sich der Autor an den Anfänger im Photographiren; der Ingenieur findet die Lichtpausverfahren berücksichtigt. Die verschiedenen Negativ- und Positivverfahren sind übersichtlich besprochen. Am Schluss der Kapitel findet man eine Zusammenstellung der hauptsächlichsten Fehler, ihrer Ursachen und knappe und klare Anweisung zur Abhülfe.

Ueberall bemerkt man das Bestreben des Verfassers, dem Leser, der im Taschenbnch Rath sucht, diesen ohne Umschweife und in möglichst mundgerechter Form zu ertheilen. Die Vorschriften erhalten aber dadurch etwas Mechanisches. Es scheint nicht vorausgesetzt zu werden, dass sich der Leser auch für den inneren Zusammenhang der ihm mitgetheilten Thatsachen interessire. Hierfür ein Beispiel; gegen Schluss des Kapitels über Stereoskopaufnahmen heisst es: „Vielfach ist indessen die irrige Ansicht verbreitet, dass man durch einfaches Nebeneinanderkleben zweier von einem gewöhnlichen Negativ hergestellter Kopien Stereoskopbilder bekommt“. Einen Hinweis aber auf die Analogie mit dem zweiäugigen Sehen, der doch mit wenigen Worten hätte gegeben werden können, enthält das Kapitel nicht.

Sollte es wirklich für einen bekannten Autor zu viel gewagt sein, wenn er den Versuch machte, seine Leser ein wenig zu erziehen, statt ohne Weiteres zu ihrem Niveau herabzusteigen? *Be.*

J. Walker, *Introduction to Physical Chemistry.* 2. Ausgabe. 8°. 356 S. London 1901. Geb. in Leinw. 10,80 M.

E. Schultz, Vierstellige mathematische Tabellen. 4. Aufl. gr. 8°. XII, 108 S. Essen, B. G. Baedecker 1901. In Leinw. kart. 1,40 M.

L. Koenigsberger, Die Prinzipien der Mechanik. Mathematische Untersuchungen. gr. 8°. XII, 228 S. Leipzig, B. G. Teubner 1901. Geb. in Leinw. 9,00 M.

D. Naselli, *Meteorologia nautica.* 12°. 248 S. Turin 1901. 3,00 M.

S. P. Thompson, Faraday u. die englische Schule der Elektriker. Vortrag. gr. 8°. 43 S. Halle, W. Knapp 1901. 1,50 M.

Th. Tapla, Grundzüge d. niederen Geodäsie. I. Methoden u. Dispositionen (Dispositionslehre). gr. 8°. VI, 58 S. m. 2 lith. Taf. Wien, F. Deuticke 1901. 2,50 M.

Lehrbuch der Navigation. Hrsg. vom Reichs-Marine-Amt. 3 Bde. gr. 8°. Berlin, E. S. Mittler & Sohn 1901. 16,00 M.

1. Terrestrische Navigation. XIII, 341 S. m. 4 Taf. u. 142 Fig. im Text. — 2. Astronomische Navigation. XII, 428 S. m. 2 Taf. u. 175 Fig. im Text. — 3. Anleitg. z. Küstenvermessungen. IV, 108 S. m. 1 Taf. u. 29 Fig. im Text.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXI. Jahrgang. **August 1901.** Achtes Heft.

Ueber einige stereoskopische Versuche.

Von

Dr. **C. Pulfrich** in Jena.

Im Anschluss an meinen Münchener Vortrag über den *stereoskopischen Entfernungsmesser* der Firma Carl Zeiss in Jena[1]) zeigte ich einen einfachen *Stereoskopapparat ohne irgend welche Linsen oder Prismen* vor, mit dem sich, wie ich damals nur kurz andeutete, eine ganze Reihe von lehrreichen *Versuchen über stereoskopisches Sehen im Allgemeinen* und *über stereoskopische Entfernungsmessung im Besonderen* anstellen lassen. Ich will diese Versuche im Folgenden beschreiben, aber vorher den Stereoskopapparat selbst mit einigen Worten erklären.

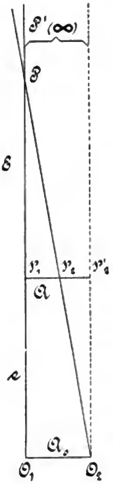
Der im Jahre 1896 konstruirte Apparat besteht aus zwei der Länge nach nebeneinander gelegten und fest miteinander verbundenen Metallrohren von etwas mehr als 1 *m* Länge und einem inneren Durchmesser von 55 *mm*. Das eine Ende des Doppelrohres, das „Okularende", ist mit einer Platte verschlossen und diese mit einem 2 *mm* breiten, horizontalen Schlitz als Einblicköffnung für beide Augen versehen. Das andere Ende trägt einen Kasten zum Einstecken der für den Apparat besonders hergestellten „Stereoskopbilder". Als solche gelangen zur Anwendung: Metallplatten mit je zwei in verschiedenem Abstand von einander stehenden kreisförmigen Durchblicköffnungen von etwa 40 *mm* Durchmesser, ferner Metallplatten mit verschieden geformten und verschieden gruppirten Durchbrechungen, Glasplatten mit aufgeklebten Figuren und dergleichen. Ausserhalb des Kastens befinden sich noch vor jeder der beiden Rohröffnungen ein vertikal von oben bis zur Mitte des Rohres herabhängendes, unten in eine Pfeilspitze endigendes Stäbchen, deren Abstand von einander durch mikrometrische Verschiebung eines der beiden Stäbchen nach Belieben verändert und an einer Theilung bis auf 0,1 *mm* genau abgelesen werden kann. Um endlich das Doppelrohr richten zu können, ist es auf ein Stativ gesetzt und zum Drehen um eine vertikale und eine horizontale Achse eingerichtet.

Was diesen Apparat für die oben genannten Zwecke besonders geeignet erscheinen lässt, ist der Umstand, *dass man durch die Blendenöffnungen hindurch, bezw. an der Pfeilspitze vorbei, ohne wesentliche Aenderung in der Akkomodation der Augen in den Raum ausserhalb des Rohres hinausschauen kann.* Die im zweiäugigen Anschauen der Stereoskopbilder gewonnenen virtuellen Raumbilder erscheinen somit *hinausprojizirt in den wirklichen Raum, wie beim stereoskopischen Entfernungsmesser*, und man kann, ebenso wie dort,

[1]) *Phys. Zeitschr. 1899. S. 98. Abdrücke dieses Vortrages* in deutscher, französischer und englischer Ausgabe, sowie ein *Stereoskopbild mit Skale* zur Veranschaulichung des Prinzips der stereoskopischen Entfernungsmessung werden Interessenten auf Wunsch von Seiten der Firma Carl Zeiss gern kostenlos zugesandt.

die Lage der virtuellen Raumbilder und die Lage der im Raum wirklich vorhandenen Objekte hinsichtlich ihrer Tiefenfolge — Entfernung — mit einander vergleichen. Selbstverständlich hat die hierdurch gegebene Anwendbarkeit unseres Apparates für Entfernungsmessungen nur einen didaktischen Werth, die erzielte Genauigkeit entspricht angenähert der Leistungsfähigkeit des natürlichen, d. h. ungesteigerten plastischen Sehens (vgl. weiter unten).

In Bezug auf die Lage des virtuellen Raumbildes und dessen Entfernung vom Beobachter gilt Folgendes: Wir bezeichnen (siehe nebenstehende Figur) den Augenabstand des Beobachters — Abstand der Augenmittelpunkte O_1 und O_2, bezw. Abstand der Pupillenmitten beim Sehen in die Ferne — mit A_0, die beiden zu einem virtuellen Raumbild zusammentretenden Komponenten irgend eines der Stereoskopbilder mit p_1 und p_2 und deren Abstand mit A. Es ist dann sofort ersichtlich, dass, wie auch die physiologische Verschmelzung der beiden Netzhautbilder im Gehirn des Beobachters vor sich geht, der Ort des virtuellen Raumbildes P gegeben ist in dem Durchschnittspunkte der beiden von O_1 nach p_1 und von O_2 nach p_2 gezogenen Geraden. Die gesuchte Entfernung $E = O_1\,P$ ergiebt sich alsdann zu



$$E = \frac{A_0 \cdot e}{A_0 - A},$$

unter e den Abstand der Augen von der Ebene des Stereoskopbildes, also angenähert die Rohrlänge verstanden. Die Formel ist, wie man sofort sieht, identisch mit der in meinem Vortrag über den stereoskopischen Entfernungsmesser angegebenen, sofern man unter A_0 die Basis des Doppelfernrohres, unter e die Brennweite des Objektivs und unter $A_0 - A$ die sog. parallaktische Differenz für eine bestimmte Entfernung E versteht.

Die mit dem Apparat erreichbare Genauigkeit der Entfernungsmessung ist gegeben durch die von mir in meinem Vortrage, *S. 13*, abgeleitete einfache Beziehung $dE = \frac{E}{r} \cdot E$, wo r den Radius des stereoskopischen Feldes im freien Sehen (rund 450 *m*) bedeutet.

Indem wir nunmehr zu den mit dem Apparat anzustellenden *Versuchen* übergehen, wollen wir zunächst beachten, dass, da in obiger Formel A_0 stets grösser ist als $A_0 - A$, auch E *stets grösser sein muss als* e, die Rohrlänge. Stecken wir also in den Metallkasten eine der oben erwähnten Platten mit den beiden kreisförmigen Durchblicköffnungen, so macht das Doppelrohr stets den Eindruck eines einzigen mehr oder weniger *verlängerten* Rohres.

Wir richten das Doppelrohr auf ein *ausserhalb* des Rohres gelegenes Objekt, dessen Entfernung vom Beobachter *kleiner* ist als die scheinbare Entfernung E des virtuellen Raumbildes der Durchblicköffnung. Das Objekt erscheint dann *im Innern des Rohres*. Ist die Entfernung des Objekts gleich E oder grösser als E, so wird dasselbe *in* der Ebene der Durchblicköffnung oder *ausserhalb* des Rohres gesehen. Dass man ein Objekt, welches ausserhalb des Rohres gelegen ist, auch ausserhalb desselben sieht, erscheint ohne Weiteres verständlich. Dass aber ein solches Objekt auch im Innern des Rohres gesehen werden kann, ist Jedem zuerst auffällig. Um übrigens diese, wenn man so sagen darf, optische Täuschung zu einer vollkommenen zu gestalten, vermeide man das Eindringen von Tageslicht in das Innere des Doppel-

rohres von der Objektseite her, da die Erhellung der inneren Rohrwand der Vorstellung des im Innern des Rohres gesehenen Objektes feindlich gegenübersteht.

Ein anderer Versuch, der im Wesentlichen auf den soeben beschriebenen hinausläuft, ist der, dass man dasselbe Objekt nacheinander durch Blendenöffnungen mit verschiedenem Abstand A anschaut oder sich mit dem Stereoskopapparat dem Objekt nähert bezw. sich von demselben entfernt.

Aus dem Vorstehenden ist weiterhin ersichtlich, dass Beobachter *mit verschiedenem Augenabstand* das virtuelle Raumbild der Durchblicköffnung bezw. der Pfeilspitze in *verschiedener* Tiefenfolge zu den ausserhalb des Rohres befindlichen Objekten sehen. Denn die obige Formel für E lässt erkennen, dass die scheinbare Entfernung E, in der das virtuelle Raumbild P gesehen wird, nicht allein von dem Abstand A der beiden Komponenten p_1 und p_2, sondern auch noch von dem Augenabstand A_0 des Beobachters abhängt, der Art nämlich, dass dem kleineren Augenabstand jedes Mal die grössere scheinbare Entfernung entspricht. Diese Erfahrung kann übrigens jeder Beobachter auch an sich selbst machen: Verkürzung des Augenabstandes durch Drehen des Kopfes zur Seite.

Die eigentliche *Messung der Entfernung* eines ausserhalb des Rohres liegenden Objektes wird mit Hülfe der Pfeilspitze vorgenommen. Verstehen wir in obiger Figur unter p_1 und p_2 die beiden Pfeilspitzen und denken wir uns p_2 in der Richtung $p_1 p_2$ nach links oder nach rechts verschoben, so ist klar, dass das virtuelle Raumbild P auf der Geraden $O_1\,P$ sich vorwärts oder rückwärts bewegt. Wir haben also hier genau die gleiche Erscheinung der „wandernden Marke“ wie im stereoskopischen Entfernungsmesser (vgl. darüber meinen Vortrag, *S. 15*). Auch die Messung selbst geschieht ebenso wie dort: Man bringt das Rohr in eine solche Lage zum Objekt, dass die Pfeilspitze dicht *über* oder *neben* dem zu messenden Objekt erscheint, und stellt dann die verschiebbare Pfeilspitze so ein, dass sie mit dem Objekt in der gleichen Entfernung gesehen wird. Der dieser Einstellung entsprechende Abstand A der beiden Spitzen wird an der Millimetertheilung abgelesen.

Zur Berechnung von E mittels obiger Formel ist ausser der Kenntniss des Abstandes A und der Rohrlänge e noch die Kenntniss des Augenabstandes (A_0) des Beobachters erforderlich. Die *Messung des Augenabstandes* kann ebenfalls mit Hülfe der wandernden Marke vorgenommen werden. Es geschieht dies in der Weise, dass man das Rohr auf ein unendlich weit gelegenes Objekt richtet und das Raumbild der Pfeilspitze mit diesem Objekt in die gleiche Entfernung bringt, wobei als unendlich weit jedes Objekt angesehen werden kann, dessen Abstand vom Beobachter grösser ist als 500 *m*. Macht man diese Messung vom Zimmer aus, so öffne man vorher das Fenster[1]).

[1]) Die Erscheinung der wandernden Marke und eine angenäherte Entfernungsmessung nach dem stereoskopischen Verfahren — wohlverstanden, ebenfalls nur für didaktische Zwecke von Bedeutung — lassen sich auch ohne den vorbeschriebenen Apparat mit den im Folgenden angegebenen, sehr einfachen Hülfsmitteln herbeiführen. Hält man nämlich zwei gleiche Stäbchen, etwa zwei Federhalter oder dergleichen in vertikaler Lage, das freie Ende nach unten, parallel und in gleicher Höhe nebeneinander mit ausgestreckten Armen geradeaus, so sieht man beim Anschauen eines in der Blickrichtung gelegenen Objektes im Allgemeinen vier Stäbchen, von denen aber die beiden mittleren, wenn man den Abstand der beiden Stäbchen richtig regulirt hat, sich zu einem einzigen vereinigen. Von den drei übrig bleibenden Stäbchenbildern erscheint dann das mittlere als ein virtuelles Raumbild, welches nunmehr, wenn man den Abstand der Stäbchen um geringe Beträge vergrössert oder verkleinert, im Raume vorwärts oder rückwärts sich zu bewegen scheint und in einem bestimmten Abstande (A) der Stäbchen von einander in der gleichen Entfernung mit dem Objekt gesehen wird. Macht man dasselbe Experiment mit zwei Stäbchen, welche auf einem Brettchen befestigt sind und

Zum Schluss noch einige Bemerkungen über das stereoskopische Sehen mit *divergent* gerichteten Augenachsen. Die Fähigkeit, zu schielen, ist bei jedem Beobachter mit normalen Augen vorhanden. In der freien Natur ist natürlich hierfür keinerlei Veranlassung. Um so häufiger ist Gelegenheit zum Schielen gegeben in vielen der im Handel vorkommenden Stereoskopbilder, bei denen der meist über Gebühr grosse Abstand der beiden Bilder die Veranlassung dafür ist, dass man die Bilder nicht recht „zusammenbringen“ kann.

Mit unserem Stereoskopapparat lässt sich nun die Grösse des Divergenzwinkels der Augenachsen, bei welchem eine stereoskopische Wahrnehmung noch möglich ist, leicht ermitteln. Man richtet zu dem Ende das Doppelrohr gegen eine gleichmässig erhellte, weisse Fläche und vergrössert den Abstand der beiden Pfeilspitzen so weit, bis die Augen nicht mehr im Stande sind, das in die Ferne wandernde Raumbild der Pfeilspitze als solches festzuhalten. Das plötzliche Auftreten des Doppelbildes zeigt dann an, dass die Fähigkeit des Beobachters, divergent zu sehen, eben überschritten ist. Aus A_0, A und e lässt sich der Divergenzwinkel leicht berechnen.

Zu diesem Versuche mag noch Folgendes bemerkt werden. Die der obigen Figur zu Grunde liegende geometrische Betrachtung weist dem im divergenten Sehen zu Stande kommenden Raumbilde der Pfeilspitzen einen Ort auf der entgegengesetzten Seite des Beobachters zu. Physiologisch aber macht das Raumbild den Eindruck eines *noch weiter als unendlich* gelegenen Objekts, was auch leicht verständlich ist, weil die Parallelstellung der Augachsen als solche vom Beobachter nicht empfunden wird und daher für die im stereoskopischen Sehen zu Stande kommende Raumvorstellung auch nicht als ein Kriterium der „Unendlichkeit“ angesehen werden kann.

Jena, im Juli 1901.

Ueber einen Universal-Spektralapparat.

Von
Dr. G. Melander in Helsingfors.

Schon im Jahre 1895 habe ich ein Spektroskop für photometrische Zwecke bei Hrn. Pellin, vorm. J. Dubosq, in Paris anfertigen lassen. Das Instrument schien mir jedoch nicht ein zureichend scharfes Spektrum zu geben, um einige Schlüsse über die Absorption der Atmosphäre, die ich damit studirt habe, sicher zu verbürgen. Um einen Apparat, der allen Anforderungen der Gegenwart entsprechen sollte, zu erhalten, habe ich im Januar 1900 bei Hrn. O. Toepfer in Potsdam ein Instrument konstruiren lassen, das man wohl als einen Universalspektralapparat bezeichnen darf.

Dieser Apparat ist sehr ähnlich meinem ersten Apparate[1]). Die einzelnen Theile sind jedoch so weit verbessert, dass man die unten erwähnte Genauigkeit damit erreicht. Ich benutze diese Gelegenheit, um Hrn. Dr. J. Hartmann, Observator am Astrophysikalischen Observatorium in Potsdam, meinen besten Dank für die mir er-

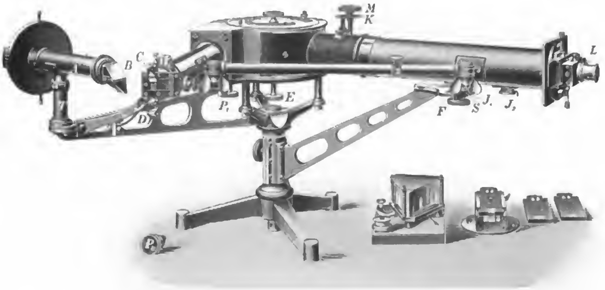
von denen das eine mit Schlittenführung und Feinbewegung versehen ist, so ist der Effekt natürlich ein viel vollkommenerer als beim Halten der Stäbchen aus freier Hand. In beiden Fällen ergiebt sich die gesuchte Entfernung wiederum nach obiger Formel, unter A_0 den Augenabstand des Beobachters, A den Abstand der Stäbchen von einander und unter e den Abstand der Stäbchen vom Augenmittelpunkt (angenähert die Armlänge) verstanden.

[1]) G. Melander, *Sur un spectrophotomètre construit pour distinguer directement les raies telluriques dans le spectre solaire. Öfvertigt af Finska Vet. Soc. Forhandl.* **39.**

wiesene Liebenswürdigkeit auszusprechen. Er hat nicht nur bei der Konstruktion der optischen Theile seine reiche Erfahrung mir zur Verfügung gestellt, sondern auch die Anfertigung des Apparates überwacht.

Der Apparat besteht im Wesentlichen aus vier Theilen, dem Polarisationsapparat[1]), dem Kollimator mit dem Spalte, dem Prismenhaus und dem Kamerarohr bezw. Fernrohr.

Der Polarisationsapparat *A*, der schon in meinem älteren Apparate enthalten war, besteht aus zwei Nicols, von denen das vordere drehbar und mit einer getheilten Trommel versehen ist. Das Licht einer Vergleichslampe oder, wie es bei meinen Beobachtungen der Fall war, das von einem Heliostaten reflektirte Sonnenlicht geht durch diese beiden Nicols und wird durch ein drehendes Prisma *B* (doppelt rechtwinkliges Prisma) auf die obere Hälfte des Spaltes reflektirt. Der Polarisationsapparat



kann jedoch durch eine Drehung um seinen Träger *T* ausgeschaltet werden. Dann kann man entweder den ganzen Spalt benutzen oder je nach Bedarf einzeln zwei kleine drehende Prismen *C* und *D* einschalten, durch welche die obere Hälfte des Spaltes mit Licht von der rechten Seite und die untere Hälfte mit Licht von der linken Seite beleuchtet werden kann. Dazwischen kann dann auch noch Platz für direkt einfallendes Licht gelassen werden.

Das Kollimatorrohr ist mit einem Spalt aus Platin-Iridium versehen. Die Breite desselben wird mittels einer Mikrometerschraube verändert; jedem Theile der Trommel entspricht eine Veränderung von 0,01 *mm* der Spaltbreite.

Das Objektiv ist von Hrn. Steinheil in München geliefert und dreifach photographisch korrigirt. Die Oeffnung ist 32 *mm* und die Brennweite 256 *mm*.

Im Prismenhaus kann man ein oder zwei Prismen anbringen. Diese Prismen sind bei der Firma C. Zeiss in Jena von schwerem Silikat-Flint O. 102" angefertigt. Sie sind beide gleich gross. Der brechende Winkel ist etwa 63°, die Seitenlänge 70 *mm* und die Höhe 36 *mm*.

Beide Prismen sind um Schrauben am Boden des Prismenhauses drehbar und können mittels zweier Hülfsskalen sehr bequem auf Minimalablenkung für die Fraun-

[1]) Aehnlich wie im Crova'schen Spektralphotometer angeordnet.

hofer'schen Linien A, D, F, H_γ und H eingestellt werden. Die Bewegung aller optischen Theile erfolgt so, dass in jeder dieser Stellungen das ganze aus dem Kollimatorobjektiv austretende Lichtbündel ungehindert hindurchgeht. Die Schrauben P_1 und P_2 dienen zur Fixirung der Prismen. Durch den Deckel des Prismenhauses ist ein Thermometer zur Messung der Temperatur der Prismen eingeführt.

Das Kamerarohr enthält eine Anastigmatlinse, Serie VII Nr. 5, von Zeiss in Jena von 36 *mm* Oeffnung und 412 *mm* Brennweite.

Dieses Kamerarohr tritt durch eine Seitenöffnung aus dem Prismenhause heraus und kann nach Bedarf um die zentrale Schraube E in der horizontalen Ebene so gedreht werden, dass der gewünschte Theil des Spektrums ins Gesichtsfeld kommt. Diese Einstellung wird durch eine am Arme des Statives angebrachte Hülfsskale S und einen Index J_1 erleichtert. Das Kamerarohr wird durch die Schrauben E und F befestigt.

Wenn nur ein Prisma gebraucht werden soll, so wird das Kamerarohr tiefer in das Prismenhaus eingeschoben. Die Zentralschraube E wird an einer anderen Stelle eingeschraubt und anstatt des Index J_1 dient der Index J_2 zur genäherten Einstellung.

Das Prismenhaus kann nach Einstellung des Kamerarohres vollständig durch eine Schiebthüre verschlossen werden.

Mittels der Schraube M kann das Objektiv scharf fokusirt werden; zur Ablesung der Fokusirung dient der getheilte Kreis K. Die Länge des Spektrums ist etwa 9 *cm* oder 13°, wenn zwei Prismen angewandt werden.

Soll der Apparat zu direkten optischen Messungen verwendet werden, so wird an das Ende des Kamerarohres ein Okularmikrometer angesetzt, wie in der Figur ersichtlich. Im Brennpunkte des Okulars ist eine durch eine Mikrometerschraube bewegliche sehr feine Platinspitze als Marke angebracht. Um verschiedene Theile des Spektrums auch ohne Verstellung des Beobachtungsrohres studiren zu können, ist das ganze Mikrometer in der Fokalebene des Objektives verschiebbar.

Die Trommel L der Mikrometerschraube ist in hundert Theile getheilt und die Höhe des Schraubenganges ist 0,5 *mm*. Bei Benutzung von zwei Prismen entsprechen dem Abstande zwischen D_1 und D_2 18,9 Trommeltheile. Da der Einstellungsfehler bei konstanter Temperatur selten mehr als 0,5 Theile beträgt, so kann man bei diesen Bedingungen die relativen Wellenlängen mit einer Genauigkeit von etwa 0,015 $\mu\mu$ bestimmen. Zwischen D_1 und D_2 sieht man auch beim höchsten Sonnenstande immer zwei sehr deutliche Zwischenlinien.

Wie aus dieser kurzen Beschreibung hervorgeht, ist der Apparat an jeder beliebigen Stelle des Spektrums sowohl für direkte Beobachtungen, als auch für photographische Aufnahmen und photometrische Messungen mit zwei verschiedenen Dispersionen zu benutzen und er wird daher ein sehr nützliches Universalinstrument für das physikalische Laboratorium sein.

Eine neue Ausführungsform des Feussner'schen Kompensationsapparates.

Von
Mechaniker **Otto Wolff** in Berlin.

Der von Hrn. Prof. Dr. Feussner in *dieser Zeitschr. **10.** S. 113. 1890* beschriebene Kompensationsapparat für die Messung elektrischer Spannungen hat namentlich in der „erweiterten" Form, welche die unmittelbare Ablesung der Resultate gestattet, eine grosse Verbreitung erlangt. Da diese Form *a. a. O.* nur kurz erwähnt und seitdem in dieser Zeitschrift noch nicht beschrieben worden ist, so möge dies hier an Hand der beistehenden Fig. 1 kurz geschehen.

Der von mir unter der Bezeichnung Mod. B seit etwa 10 Jahren gefertigte Apparat enthält 52 Widerstände. Von der mit *B* — bezeichneten Batterieklemme ausgehend gelangt man zunächst zu einem Widerstandssatz von 50000 bis 10 Ohm, sodann zu den „Austauschwiderständen" von 50 bis 2 Ohm[1]); es folgen die auch im

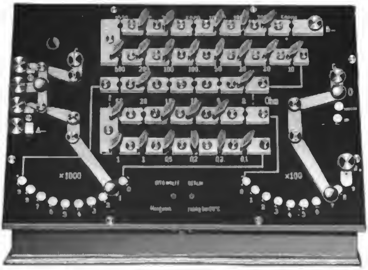


Fig. 1.

„kleinen" Modell (Mod. A meines Preisverzeichnisses von 1896) vorhandenen „Kompensationswiderstände", nämlich 9 Kurbelwiderstände von je 1000 Ohm, ein Stöpselwiderstandssatz von 50 bis 0,1 Ohm und schliesslich 9 Kurbelwiderstände zu je 100 Ohm. Die sechs Austauschwiderstände von 50 bis 2 Ohm liegen, wie aus Fig. 1 hervorgeht, den Kompensationswiderständen gleicher Grösse gerade gegenüber. Für die 12 Widerstände sind aber nur 6 Stöpsel vorhanden. Der Zweck dieser Einrichtung ist leicht ersichtlich. Durch Verstellung der Kurbeln in den beiden Dekaden von 1000 und 100 Ohm wird die Stärke des den Apparat durchfliessenden Hauptstromes nicht geändert, da die 18 Widerstände von zusammen 9900 Ohm dauernd in den Hauptstromkreis eingeschaltet sind. Wohl aber findet eine Aenderung der Stromstärke statt, sowie man im Widerstandssatz von 50 bis 0,1 Ohm anders stöpselt. Verfährt man indessen in der Weise, dass man den Stöpsel, den man im Widerstandssatz zieht, in das entsprechende Loch der Austauschwiderstände steckt und umgekehrt, so bleibt die Stärke des Hauptstroms offenbar ungeändert. Die Summe der Austausch- und der entsprechenden Kompensationswiderstände beträgt

[1]) Die weissen Linien der Fig. 1 stellen die Verbindungen im Apparate dar.

nämlich stets 97 Ohm. Es ist für die meisten Messungen mit dem Kompensationsapparat, namentlich im technischen Gebrauch, nicht nothwendig, auch für die Widerstände von 1 bis 0,1 Ohm des Widerstandssatzes Austauschwiderstände vorzusehen, da der hierdurch entstehende Fehler im ungünstigsten Fall nur 0,03% betragen kann. Indessen fertige ich auch zwei Modelle des Kompensationsapparates, in denen eine vollständige Reihe von Austauschwiderständen von 50 bis 0,1 Ohm herab vorhanden ist. Bei Mod. C fehlt der Stöpselrheostat von 50000 bis 10 Ohm; er muss bei der Messung höherer Spannungen durch einen besonderen, dem Kompensationsapparat vorgeschalteten Widerstandskasten ersetzt werden. Mod. D enthält dagegen auch noch diesen Stöpselrheostaten und ist somit die vollständigste Ausführung des Apparates.

Die bisher erwähnten Formen des Kompensationsapparates werden, was die Sicherheit und Bequemlichkeit des Arbeitens betrifft, bei Weitem übertroffen von dem von mir als Mod. E bezeichneten Apparat, dessen Beschreibung die vorliegende Mittheilung hauptsächlich gewidmet ist. Der Apparat hat sich bei ausgedehnten Untersuchungen, die mit ihm in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt angestellt wurden[1]), auf das Beste bewährt. Es sei hier gleich bemerkt, dass eine ganz ähnliche Anordnung bereits vor einer Reihe von Jahren von Weston ausgeführt worden ist.

Der Apparat entspricht dem oben erwähnten Mod. C, enthält also keinen Widerstandssatz von 50000 Ohm abwärts. Für sehr viele Zwecke kommt man nämlich auch ohne diesen Widerstand aus, und der Apparat gewinnt dadurch an Handlichkeit; andererseits bedarf es für die Messung sehr hoher Spannungen Widerstandskästen, die für diesen Zweck besonders konstruirt sind. Schliesslich werden die Widerstandssätze, wenn sie nicht im Kompensationsapparat selbst untergebracht sind, auch für andere Zwecke bequemer verfügbar.

Fig. 2 giebt eine Ansicht des Apparates von oben, während Fig. 3 das Stromlauf-Schema veranschaulicht. Die ausgezogenen Linien der letzteren Figur stellen die Verbindungen im Hauptstromkreis dar, die lang gestrichelten diejenigen des Nebenschlusskreises.

Stöpselwiderstände sind, wie ersichtlich, vollständig vermieden und durch Kurbelwiderstände ersetzt. Während man bei den vorher erwähnten Modellen sehr aufpassen muss, um bei dem Umstöpseln zwischen Austausch- und Kompensationswiderständen Fehler in Folge falschen Stöpselns zu vermeiden, geht bei dem neuen Apparat das Austauschen der Widerstände *automatisch* vor sich, sodass Irrthümer unmöglich sind. Da schliesslich auch die Ablesung des Resultats eine viel einfachere ist, als wie bei dem Vorhandensein von Stöpselwiderständen (das Bilden der Summe der gezogenen Stöpselwiderstände fällt fort), so ist die Ueberlegenheit des neuen Modells, namentlich wenn es sich um grössere Messungsreihen handelt, eine ganz erhebliche.

Eine wichtige Erweiterung des Messbereichs hat der Apparat dadurch erfahren, dass nicht, wie früher, 9 sondern 14 Widerstände von 1000 Ohm vorhanden sind. Es ist hierdurch möglich geworden, sowohl mit Hülfe von Clark-Elementen als auch Weston'schen Kadmium-Elementen eine Stromstärke von 0,0001 Amp. einzustellen,

[1]) Vgl. W. Jaeger und St. Lindeck, Untersuchungen über Normal-Elemente, insbesondere über das Weston'sche Kadmium-Element. *Diese Zeitschr.* **21.** *S. 33. 65. 1901;* St. Lindeck und R. Rothe, Ueber die Prüfung von Thermoelementen für die Messung hoher Temperaturen I. *Diese Zeitschr.* **20.** *S. 285. 1900.* An der letzteren Stelle ist das Prinzip des Apparates bereits kurz auseinandergesetzt.

indem man z. B. ein Clark-Element bei 15° C. an 14328,0 Ohm kompensirt. Es lassen sich also Normalelemente ohne Weiteres bis auf die fünfte Dezimale der elektromotorischen Kraft mit einander vergleichen. Bei Benutzung eines empfindlichen Galvanometers wird man sogar einige Einheiten der 6. Dezimale noch interpoliren können, wie in der oben erwähnten Arbeit der Hrn. Prof. Jaeger und Lindeck nachgesehen werden mag.

Diese Erweiterung des Messbereichs nach kleinen Spannungen, die übrigens bereits bei dem Kompensationsapparat von Raps (vgl. *diese Zeitschr.* ***15.*** *S. 215. 1895*) vorhanden ist, hat bei der zunehmenden Verwendung von Thermoelementen zu Temperaturmessungen besondere Wichtigkeit.

Von 100 Ohm-Widerständen sind wie früher 9 Stück vorhanden. Der Stöpselwiderstandssatz von 50 bis 0,1 Ohm ist ersetzt durch je 9 Kurbelwiderstände von 10; 1 und 0,1 Ohm. Jeder Dekade liegt eine gleiche Dekade von Austauschwiderständen gegenüber. *Beide Dekaden werden durch eine einzige Doppelkurbel bedient*, wie

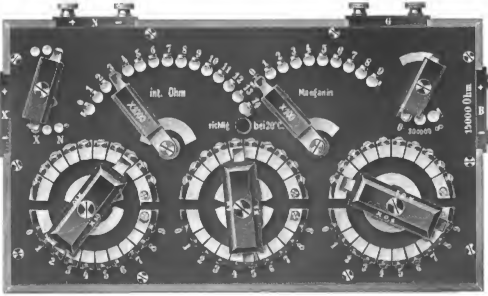


Fig. 2.

dies aus Fig. 2 deutlich ersichtlich ist. Die oberen, nicht bezifferten Kontakte sind diejenigen der Austauschwiderstände; die Bezifferung wird bei dem ausgeführten Apparat absichtlich vermieden, um Irrthümer beim Ablesen der Resultate auszuschliessen. Man müsste sich sonst erst an der Hand des Schaltungs-Schemas überlegen, welches die Austauschwiderstände und welches die Kompensationswiderstände sind. In Fig. 3 sind jedoch auch die Austauschwiderstände beziffert, um zu zeigen, dass die Summe der Widerstände, die durch eine Doppelkurbel eingeschaltet werden, zusammen stets 9 Einheiten der betreffenden Dekade beträgt. Das Austauschen geschieht also, wie bereits erwähnt, vollständig automatisch gleichzeitig mit der Veränderung der Kompensationswiderstände. Der Widerstand des ganzen Apparates zwischen den Klemmen $B+$ und $-$ beträgt *bei jeder Kurbelstellung* nominell stets 14999,9 Ohm. Die abgerundete Zahl 15000 Ohm ist auf dem Apparat vermerkt, da ja dieser Werth bei der Messung hoher Spannungen in das Resultat eingeht.

Die Klemmen B für die Batterie, G für das Galvanometer, N für das Normalelement und X für die zu messende Spannung (sofern man mit dem Apparat allein,

ohne Vorschaltwiderstand, auskommt) sind nicht, wie früher, auf der Deckplatte, sondern seitlich auf Hartgummistücken angeordnet. Dies hat den grossen Vortheil, den Apparat durch einen jedem Exemplar beigegebenen Holzdeckel staubdicht zudecken zu können, ohne jedesmal die Zuführungsdrähte abnehmen zu müssen.

Es sei noch bemerkt, dass jedes Kontaktstück mit einer Schraube zum Unterklemmen von Drähten versehen ist (vgl. Fig. 2 und 4). Bei den Dekaden von 10; 1 und 0,1 Ohm befinden sich diese Schrauben auf abgeschrägten Flächen, sodass sie leicht zugänglich sind. Hierdurch wird nicht nur die erstmalige Prüfung des Apparates sehr erleichtert (deshalb hat die Physikalisch-Technische Reichsanstalt auf diesen Punkt stets besonderes Gewicht gelegt), sondern es können auch später leicht Kontrolmessungen ausgeführt werden; ferner können auch Fälle vorkommen, dass man einen oder mehrere Widerstände durch einen Draht kurz schliessen will.

Links oben in Fig. 2 und 3 ist der doppelpolige Umschalter (mit Ruhekontakten) für die zu messende Spannung X und das Normalelement N, rechts oben der Aus-

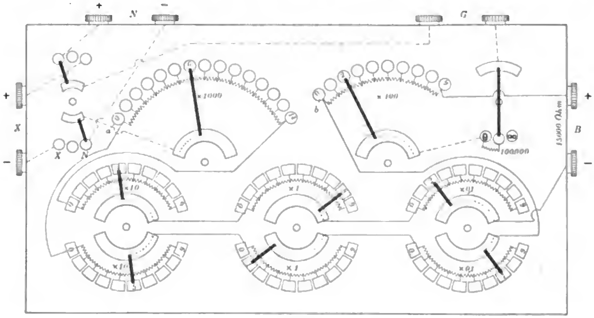


Fig. 3.

schalter für das Galvanometer sichtbar. Der letztere ist, wie früher, so eingerichtet, dass zunächst ein Ballastwiderstand von 100000 Ohm vor das Galvanometer geschaltet wird, den man erst ausschaltet, wenn die Kompensation eine nahezu vollständige ist. Auf Wunsch kann auch eine Einrichtung für momentanen Kontakt mit diesem Ausschalter für das Galvanometer verbunden werden.

Zum Schluss möchte ich noch einige Angaben über die Konstruktion der Kurbelkontakte machen. Da ja der Hauptstrom in den Dekaden von 10 bis 0,1 Ohm 12 Kontaktstellen durchfliesst (allerdings geht nur der Widerstand von 6 Kontaktstellen in die Messung ein), so musste diesem Punkt besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden. Stromzuführungen durch die Achsen der Kurbeln sind vollständig vermieden; es sind vielmehr (vgl. Fig. 2 bis 4) für jede einfache Kurbel ein und für jede Doppelkurbel zwei Schleifringe vorgesehen, an welche die Verbindungsdrähte angelöthet sind. Die Kontakte für die Dekaden von 1000 und 100 Ohm, deren Widerstand nicht in die Messung eingeht, weil sie im Moment der Kompensation stromlos sind, bestehen aus zwei Metallklötzchen, die an den Enden eines federnden Stückes Blech sitzen und durch eine mit dem Hartgummigriff der Kurbel ver-

schraubte Stahlfeder einerseits auf die einzelnen Kontaktknöpfe, andererseits auf den Schleifring gepresst werden.

Die Konstruktion der Kontakte für die Doppelkurbeln geht aus Fig. 4 hervor. Die schleifenden Stücke sind hier zu Bürsten *b b* ausgebildet. Diese Schleifbürsten bestehen aus ungefähr 20 Tombackblechstreifen von etwa 0,15 *mm* Stärke, welche unter Zwischenlage von je einem ebenso starken, aber entsprechend kürzeren Streifen auf ein gefrästes Messingstück *m* aufgeschraubt und verlöthet werden. Dadurch entstehen zwischen den einzelnen Bürstenblättern Zwischenräume, sodass jedes einzelne Blatt für sich federnd auf der Kontaktfläche schleift. Ausserdem sind die Bürstenblätter, die unter einem Winkel von etwa 45° gegen die Schleiffläche geneigt sind, noch schräg gegen den Radius ihres Umdrehungskreises gestellt, sodass die Schleifringe der einzelnen Blätter übereinandergreifen, wodurch das Einschleifen von Riefen in bekannter Weise vermieden wird.

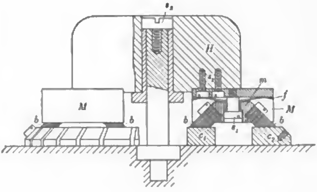


Fig. 4.

Die Schraube s_1 geht durch eine Bohrung von *m* mit Spielraum hindurch; sie ist in den Boden eines ⊓-förmigen Messingschuhes *M* eingeschraubt und dient nur dazu, die Bürsten gegen seitliche Verschiebung zu sichern. Mit zwei Schrauben s_2 ist *M* an dem Hartgummigriff *H* befestigt. Die Blattfeder *f* drückt die Bürsten auf die beiden Kontaktflächen $c_1 c_2$ gleichmässig auf, da, wie erwähnt, die Schraube s_1 kleine Bewegungen von *m* zulässt. Das Stück c_2 zeigt an der abgeschrägten Seite das Gewindeloch für die zum Messen der Widerstände dienende Schraube. Die Befestigung der ganzen Doppelkurbel auf dem Deckel des Kompensationsapparates ist aus Fig. 4 genügend ersichtlich. Der Uebergangswiderstand derartiger Kurbeln ist sehr gering, falls die Kontaktflächen rein gehalten werden. Dies macht bei der vorliegenden Konstruktion keine Schwierigkeiten, da auch die untere Fläche der Bürsten *b* eventuell leicht zugänglich ist, weil man die ganze Doppelkurbel nach Lösen der Schraube s_3 abnehmen kann.

Nach Angabe auf den Prüfungsscheinen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt bei vier in der letzten Zeit dort geprüften Apparaten dieses Modells betrug der Widerstand zwischen den Punkten *a* und *b* in Fig. 3, wenn die drei Doppelkurbeln sämmtlich auf die in Fig. 2 mit Null bezeichneten Kontakte gestellt waren bezw. 0,0013; 0,0012; 0,0015; 0,0015 Ohm. Dieser „Nullwiderstand", der sich zum grossen Theil noch aus den Verbindungsdrähten zusammensetzt, ist also so klein, dass er bei einigermaassen grossem Kompensationswiderstand vollständig vernachlässigt werden kann. Der Widerstand von 2 Kontaktstellen, also von c_1 durch die Bürste *b b* hindurch bis c_2 (Fig. 4), beträgt nach Messungen in der Reichsanstalt ungefähr 0,0002 Ohm.

Referate.

Verbesserte Methode zur Bestimmung der Schwingungszahl von Stimmgabeln.

Von John O. Reed. *Phys. Rev.* **12.** *S. 279. 1901.*

Im Prinzip verwendet Verf. die von Michelson (*Phil. Mag.* **15.** *S. 84. 1883*) angegebene stroboskopische Methode zur Bestimmung der Schwingungszahl einer Stimmgabel. Die Normalgabel wird danach mit einer elektrisch angetriebenen Hülfsgabel verglichen, deren eine Zinke mit einem Spiegel versehen ist. In diesem betrachtet man das Aufleuchten einer Geissler'schen Röhre, durch die in regelmässigen Zwischenräumen der sekundäre Kreis eines Induktoriums sich entlädt, indem der primäre Kreis desselben durch ein Pendel zu einer bestimmten Zeit geschlossen wird. Wenn nun die Stimmgabel schwingt, sieht man das Bild der Geissler'schen Röhre, je nach der Differenz zwischen der Schwingungsdauer des Pendels und der Gabel, mehr oder weniger schnell sich bewegen und kann dann aus der Schwingungsdauer dieser Bewegung und der des Pendels die Schwingungsdauer der Stimmgabel berechnen. Aus verschiedenen Gründen sieht Verf. indess bei seinen Versuchen von der Verwendung der Geissler'schen Röhre ab, die zu mancherlei Fehlerquellen Anlass giebt. Zur Hervorbringung der alternirenden Lichterscheinung benutzt er statt dessen die in Fig. 1 wiedergegebene Pendelvorrichtung. Die mit einer Bleilinse L und verschiedenen justirbaren Gewichten 1, 2, 3, 4 versehene Pendelstange R hängt an zwei Uhrfedern aa und trägt einen seitlichen Arm l mit abwärts gehender Nadel n; diese setzt den rechts befindlichen, um eine Achse p leicht drehbaren Spiegel m mittels eines Stückes t einer sehr dünnen Glasröhre von 0,1 *mm* Dicke in Bewegung; die Verbindung zwischen t und n wird durch einen Tropfen Oel hergestellt, dessen Adhäsion genügt, um den Spiegel mitzunehmen. Die Anordnung des Versuches ist aus Fig. 2 (Horizontalprojektion) zu ersehen.

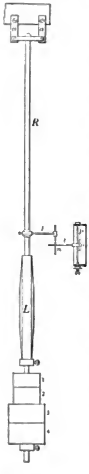


Fig. 1.

Die Buchstaben R, n, t, p, m haben dieselbe Bedeutung wie in Fig. 1; s ist ein Spalt, von dem Licht durch die Linse l auf den Spiegel m und von da durch einen zweiten Spalt s' auf das totalreflektirende Prisma im Fernrohr T fällt. Die Linse l ist so eingestellt, dass in s' ein Bild von s entsteht; von s' aus fällt das Licht durch das Objektiv des auf unendlich eingestellten Fernrohrs auf den Spiegel m' der Stimmgabel F und von da zurück zum Okular des Fernrohrs. Die Schwingungen der beiden Spiegel erzeugen ein stroboskopisches Wandern des Spaltbildes im Fernrohr, woraus sich die Schwingungsdauer der Stimmgabel berechnen lässt. Die Pendelschwingungen werden mit einer Normaluhr gemessen nach der von Mendenhall (*Amer. Journ. of Science* **43.** *S. 85. 1892*) zur Bestimmung der Schwerekonstante angewandten Koinzidenz-Methode; die Koinzidenzen wurden dabei hergestellt durch Benutzung einer in jeder vollen Sekunde aufleuchtenden Geissler'schen Röhre und mit zwei Spiegeln, von denen der eine fest, der andere am Pendel befestigt war. Unter gewöhnlichen Verhältnissen kann die Schwingungsdauer so auf $^1/_{100000}$ Sekunde gemessen werden. Verf. giebt ein vollständiges Beispiel einer Messungsreihe; die Reduktion der Beobachtungen auf 20° wurde mit Hülfe der König'schen Formel, $\Delta N = -N/8943$ pro Grad, ausgeführt. Die Uebereinstimmung der verschiedenen Zahlen geht bis auf wenige Einheiten der dritten Dezimale. Wenn es nicht erwünscht ist, einen Spiegel an der zu unter-



Fig. 2.

suchenden Stimmgabel anzubringen, so kann die zweite Methode von Mendenhall angewandt werden. Bei dieser fallen die vom Spiegel des Pendels reflektirten Lichtstrahlen direkt in das Objektiv eines schwach vergrössernden Mikroskops, vor dem die Stimmgabel so aufgestellt ist, dass ihre eine Zinke im Ruhezustand das Gesichtsfeld zur Hälfte verdeckt; die stroboskopische Wirkungsweise beim Schwingen des Pendels und der Gabel ist ohne Weiteres verständlich.

Verf. beschreibt noch ein im Original ebenfalls abgebildetes Pendel, dessen Schwingungsdauer in weiten Grenzen geändert und auch während des Schwingens regulirt werden kann. Es besteht aus einer Röhre, welche oberhalb und unterhalb der Schwingungsachse verstellbare Bleilinsen trägt und innen zum Theil mit Quecksilber gefüllt wird. Die Achse ist ebenfalls auf dem Rohre verstellbar angebracht und besteht aus zwei schmalen gehärteten Stahlplatten, die auf kleinen Stahlkugeln aufliegen; auf diese Weise schwingt das Pendel sehr lange. Das obere Ende der Röhre ist durch eine ebene Platte verschlossen, auf die auch während des Schwingens zur Veränderung der Periode Gewichte aufgelegt werden können. Durch eine entsprechende Quecksilberfüllung in der Röhre kann die Schwingungsdauer des Pendels von der Temperatur unabhängig gemacht werden (wie beim Riefler'schen Pendel). *W. J.*

Bestimmung des Siedepunktes flüssigen Wasserstoffs durch das Wasserstoff- und Helium-Gasthermometer.

Von J. Dewar. *Amer. Journ. of Science.* **11.** *S. 291. 1901; Ann. de chim. et de phys.* **23.** *S. 417. 1901.*

Im Jahre 1898 hatte der Verfasser nach der erstmaligen Herstellung grösserer Mengen verflüssigten Wasserstoffs die Siedetemperatur desselben bei normalem Druck zu $-238,4°$ C. = $34,6°$ abs. ermittelt, wobei die Temperatur durch ein Platin-Widerstands-Thermometer definirt wurde. Diese Bestimmung zusammen mit dem später durch ein Platin-Rhodium-Thermometer zu 27° abs. gefundenen Werthe konnte nur als eine provisorische betrachtet werden, da einerseits das Abhängigkeitsgesetz der elektrischen Leitfähigkeit von der Temperatur über ein grosses Intervall extrapolirt werden musste, andrerseits aber eine vorläufige Anwendung des Wasserstoff-Thermometers überdies den dritten Werth 21° abs. ergeben hatte.

Eine Entscheidung über diese Abweichungen konnte naturgemäss nur durch ein genaues Studium des Gasthermometers in jenen tiefen Temperaturen herbeigeführt werden; insbesondere war die wichtige Frage zu beantworten, ob das Messgas des Thermometers auch noch bis in die Nähe derjenigen Temperatur verwendet werden könne, bei der es unter normalem Druck zu kondensiren beginnt. Mit der Untersuchung dieser Fragen beschäftigt sich im Wesentlichen die vorliegende Arbeit.

Die Schwierigkeiten, welche das Gasthermometer in hohen Temperaturen bietet, verschwinden in tiefen Temperaturen nahezu vollständig: der „schädliche" Raum verdient nicht mehr diese Bezeichnung, der Einfluss des Druckkoeffizienten des Gasgefässes ist kaum noch merklich, Diffusionserscheinungen an der Gefässwand sind nicht vorhanden; lediglich die Wahl des Messgases, seine Herstellung, Reinigung u. dgl. kann wesentlich auf die Eindeutigkeit der Temperaturmessung einwirken.

Es wurden in der vorliegenden Arbeit zwei Gasthermometer mit konstantem Volumen verwendet, deren „schädliche" Räume $^1/_{50}$ bezw. $^1/_{115}$ des Gefässvolumens betrugen. Die Ablesung der Quecksilberhöhen geschah ebenso wie die des seitlich angebrachten Barometers durch ein verschiebbares Fernrohr mit Fadenkreuz. Die Einstellung erfolgte durch einen in der Höhe verstellbaren, mit dem eigentlichen Manometer durch einen Gummischlauch kommunizirenden Quecksilberbehälter.

Es wurden im Ganzen elf Füllungen untersucht, deren Resultate in der nachstehenden Tabelle angegeben sind.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Thermometer Nr.	I	II	II	II	I	I	I	I	II	II	II
Verhältniss des schädl. Raums	1/50	1/115	1/115	1/115	1/50	1/50	1/50	1/50	1/115	1/115	1/115
Messgas	H elektrolyt.	H Pallad.	H Pallad.	H Pallad.	O	O	O	O	Helium	Helium	CO_2
Barometer	760,4	764,4	759,5	770,5	772,5	756,0	766,0	753,5	765,0	770,0	759,0
Temp. des schädlichen Raums	13°	13°	13°	21°	12°	13,6°	12°	13,3°	15°	15°	13°
	mm	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*
Anfangsdruck bei 0° C.	286,6	269,8	127,0	739,0	806,0	806,0	807,0	290,5	728,0	728,0	619,0
Siedepunkte:											
der Kohlensäure	204,3	193,6	91,0	—	—	—	—	—	—	—	441,0
des Sauerstoffs	97,0	90,2	43,0	—	272,5	269,0	—	95,5	—	—	—
der Luft	—	—	—	—	—	—	251,0	—	—	—	—
des Wasserstoffs	21,5	19,7	10,7	55,5	—	—	—	—	55,0	54,6	—
des Wasserstoffs, fest (30 bis 40 *mm*)	—	14,4	8,2	—	—	—	—	—	—	—	—
Berechnete Temperaturen:											
Kohlensäure	—	— 77,95° [1]	— 78,22°	—	—	—	—	—	—	—	— 78,24°
Sauerstoff	— 182,20°	— 182,67°	— 181,52°	—	— 182,29°	— 183,46°	—	— 182,95°	—	—	—
Luft	—	—	—	—	—	—	— 189,62°	—	—	—	—
Wasserstoff	— 253,03°	— 253,37°	— 250,81°	— 252,81°	—	—	—	—	— 252,68°	— 252,84°	—
Wasserstoff, fest (30 bis 40 *mm*)	—	— 258,66°	— 255,67°	—	—	—	—	—	—	—	—

[1]) Die zweiten Dezimalen sind nur Rechnungsgrössen.

Hierzu ist Folgendes zu bemerken: Bei der ersten Messreihe mit elektrolytisch gewonnenem Wasserstoff wurde auf die Reinheit des Gases grosses Gewicht gelegt; um die Anwesenheit von Gasen mit höherem Siedepunkt zu vermeiden, wurde das Thermometergefäss 18 Stunden lang mit reinem Wasserstoff vorgespült. Um ferner jede durch Kondensation an den Gefässwänden mögliche Komplikation auszuschliessen, wurde zunächst der Anfangsdruck verhältnissmässig klein gewählt. Beim zweiten Versuch bestand das Messgas aus Wasserstoff, welcher der Ladung eines Palladiumstabes entnommen war. Das hier in Betracht kommende Verfahren, welches der Verfasser bei einer früheren Gelegenheit veröffentlicht hat, benutzt im Wesentlichen die Eigenschaft des Palladiums, bei höheren Drucken Wasserstoff zu absorbiren, sodass ein derartig geladener Palladiumkörper direkt als Gasentwickler verwendet werden kann. Die dritte Messung wurde angestellt, um den Einfluss eines sehr kleinen Anfangsdrucks, $^1/_6$ einer Atmosphäre, kennen zu lernen. Wegen der bei so kleinem Innendruck eintretenden schlechten Kuppenbildung des Quecksilbermeniskus sind jedoch diese Messungen mit erheblichen Ungenauigkeiten behaftet.

Die Empfindlichkeit des Gasthermometers hängt bekanntlich lediglich vom Anfangsdruck ab; daher sind die folgenden Messreihen unter höherem Anfangsdruck ausgeführt worden, aber immer so, dass der Druck in tiefen Temperaturen wesentlich unter einer Atmosphäre blieb. Aus der guten Uebereinstimmung mit den vorhergehenden Messungen kann geschlossen werden, dass auch bei den jetzt verwendeten Drucken eine frühzeitige Kondensation des Messgases nicht eintrat. Die Verwendung von Sauerstoff bei den Messungen Nr. 5 bis Nr. 8 geschah hauptsächlich aus dem Grunde, die anfangs erwähnte Frage nach der Brauchbarkeitsgrenze des Füllgases zu entscheiden. Hier wurde, um jede aus etwaigen Unreinheiten des Messgases rührende Fehlerquelle auszuschliessen, der Dampf siedenden Sauerstoffs benutzt. Bei der Messung Nr. 7 bestimmte sich die Siedetemperatur einer Probe flüssiger Luft, zu $-189{,}62^\circ$ während ein vorher sorgfältig kalibrirtes Gold-Widerstands-Thermometer $-189{,}68^\circ$ ergab; die Abweichung liegt innerhalb der Messgenauigkeit. Der niedrige Anfangsdruck der Messung Nr. 8 entspricht ungefähr dem der ersten Messung mit Wasserstoff (Nr. 1) und giebt ebenfalls eine gute Uebereinstimmung. Auch die Bestimmung des Sublimationspunktes der trocknen Kohlensäure mit Kohlensäure als Messgas (Nr. 11) liefert den genauen Werth $-78{,}24^\circ$.

Damit ist in der That wohl der Nachweis geführt, dass sowohl ein einfaches wie ein zusammengesetztes Gas unter der Voraussetzung, dass sein Anfangsdruck unter dem einer Atmosphäre gewählt wird, in Temperaturen herab bis zu seinem eignen Normalsiedepunkt als Füllgas des Gasthermometers brauchbar ist.

Zwei Messungen wurden mit Helium angestellt. Der Siedepunkt dieses Gases liegt noch unter dem Erstarrungspunkt des Wasserstoffs, und es kann in einer solchen relativen Reinheit durch „Ausfrieren" hergestellt werden, dass es nur noch mit einem gewissen messbaren Prozentgehalt von Neon vermengt erscheint. Die so erhaltenen Resultate (Nr. 9 und Nr. 10) des Wasserstoff-Siedepunkts stimmen mit den früheren Messungen gut überein, sodass also das Helium als ein gut brauchbares Messgas des Gasthermometers in sehr tiefen Temperaturen bezeichnet werden muss.

Die Arbeit schliesst mit einem ausführlichen rechnerischen Studium der Fehler des Gasthermometers in tiefen Temperaturen.

Als Mittelwerthe sämmtlicher Beobachtungen werden angegeben

Siedepunkt des Sauerstoffs: $-182{,}5^\circ$ C.
Siedepunkt des Wasserstoffs: $-252{,}5^\circ$ C. *Rt.*

Dampfkalorimeter zur Messung der Sonnenwärme.

Von J. Y. Buchanan. *Nature* **63.** *S. 548. 1901; Proc. Cambridge Phil. Soc.* **11.** *S. 37. 1900.*

Das von Buchanan konstruirte Instrument misst den Betrag der auf die Erdoberfläche einfallenden Sonnenwärme durch die Menge siedenden Wassers, welche in Dampf von gleicher Temperatur in gegebener Zeit verwandelt wird. Die Einrichtung des Apparates geht aus

den beigegebenen Figuren hervor, von denen die erste eine Gesammtansicht des äquatorial montirten Instrumentes, die zweite einen Schnitt durch dasselbe darstellt. Die Sonnenstrahlen werden gesammelt durch den Reflektor $B_1 B_2 B_3 B_4$, welcher aus 3 versilberten Kegelspiegeln ($B_1 B_2$, $B_2 B_3$ und $B_3 B_4$) besteht und so konstruirt ist, dass die parallel der Achse OP des Instrumentes einfallenden Sonnenstrahlen gerade auf den Theil AB, die Fokallinie des Reflektors, konzentrirt werden. Der Reflektor ist an dem Tubus CK befestigt, welcher etwa 30 *cm* lang und 5 *cm* im Durchmesser haltend den Kondensator des Apparates bildet. Er steht mittels eines Gummischlauchs in Verbindung mit dem gläsernen Trichtergefäss Z, durch welches er gleichzeitig mit Wasser gefüllt wird, wobei auch die Höhe des letztern in dem obern, engern Theile des Tubus CA nach Bedarf regulirt werden kann. Die Strecke AB dieses Tubus ist der Dampfkessel. Er ist aus Silber, aussen geschwärzt und besitzt einen Umfang von 37 *mm*. Wenn das Instrument im Gebrauchsfalle gegen die Sonne gerichtet ist, so werden



Fig. 1.

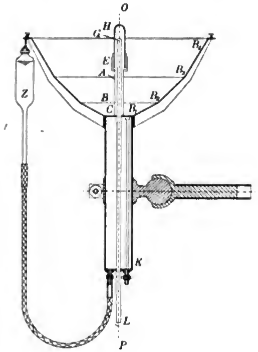


Fig. 2.

alle auf den Spiegel fallenden Strahlen auf jenen kleinen Kessel konzentrirt, dessen Oberfläche 18,8 *qcm* beträgt; die ganze Sammelfläche des Reflektors ist 904 *qcm*, daher wird die Sonnenstrahlung im Verhältniss 48 : 1 auf dem kleinen Kessel konzentrirt. Fallen die Sonnenstrahlen auf den Spiegel und von da konzentrirt auf den Verdampfungsraum AB, so dauert es vierzig Sekunden, bis das Wasser siedet. Der entwickelte Dampf steigt in dem Glasdom EH in die Höhe, von welchem er schliesslich einen Ausweg durch die Röhre GL findet, wo er bald unter der Stelle B kondensirt wird und aus dem unteren Ende L in ein Messglass fliesst.

Der ringförmige Raum AB ist unter dem Einfluss der einfallenden Strahlung gefüllt mit Wasser von der Siedetemperatur; wenn das Kalorimeter sich im stationären Zustand befindet, so wird der ganze Betrag der Strahlung dazu verwendet, die auf der Siedehitze befindliche Wassermenge in Dampf von derselben Temperatur zu verwandeln. Aus der bekannten Menge des in bestimmter Zeit, z. B. per Minute, zur Verdampfung gelangten Wassers kann bei der gegebenen Grösse des Sammelspiegels durch leichte Rechnung (die latente Wärme des Wasserdampfes bei 100° C. zu 535 Grammkalorien angenommen) ein Rückschluss auf den Betrag der einfallenden Sonnenstrahlung gemacht werden. Buchanan verwendete

das originelle Instrument bereits im Jahre 1882 in Egypten, gelegentlich einer Beobachtung der damals am 8. Mai stattgehabten Sonnenfinsterniss. In den oben angeführten Abhandlungen, namentlich in der zweiten, wird über die Rechnung und Resultate eingehende Auskunft gegeben, worauf hier verwiesen sei. *J. M.*

Neues Interferometer.

Von Ch. Fabry und A. Perot. *Ann. de chim. et de phys.* **22.** *S. 564. 1901.*

Die Verfasser beschreiben einen von Jobin gebauten Apparat, mit dem in bequemer Weise die Interferenzerscheinungen zwischen versilberten Glasflächen beobachtet werden können und der für die zahlreichen verschiedenen von den Verfassern ausgeführten Unter-

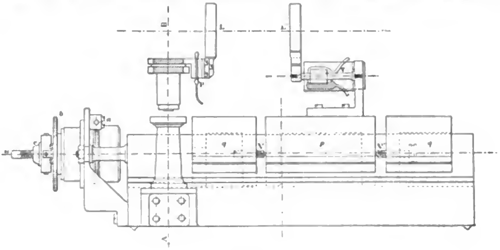


Fig. 1.

suchungen mit Hülfe der Haidinger'schen Interferenzringe verwendbar ist. In Fig. 3 ist eine Gesammtansicht des Instrumentes, in Fig. 1 ein Aufriss[1]) und in Fig. 2 ein senkrechter Schnitt durch AB in etwa $^1/_3$ nat. Grösse gegeben.

L und L' sind zwei Fassungen, in welchen die beiden planen Glasplatten von 40 *mm* Durchmesser und etwa 1' Keilwinkel sitzen, deren einander zugekehrte Flächen leicht versilbert sind. Zur Einstellung ist L mit Vorrichtungen zu gröberen Drehungen und sehr kleiner Parallelverschiebung, L' mit solchen zu feineren Drehungen und grosser, bis zu 10 *cm* betragender Parallelverschiebung versehen.

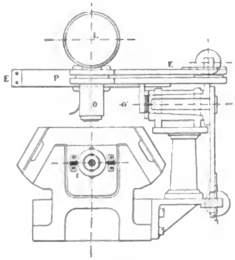


Fig. 2.

Die gröberen Drehungen von L erfolgen um die Achsen O und O' wie bei einem Theodolit (Fig. 2). Die kleine Parallelverschiebung wird durch Deformation einer starken Stahlfeder P erzeugt, die in ihrer Mitte einerseits an der Achse O, andrerseits an der Fassung L befestigt ist; diese Feder setzt sich aus zwei an den Enden E und E' durch Zwischenstücke verbundenen, 4 *mm* dicken Stahlblechen von 16 *cm* Länge und 2 *cm* Breite zusammen, zwischen denen ein in den Fig. 1 und 2 angedeuteter, mit Wasser gefüllter Kautschukballon eingeklemmt ist. Letzterer steht durch einen langen Schlauch mit einem in vertikaler Richtung verstellbaren Wasserbehälter in Verbindung. Durch Heben und Senken des letzteren kann man den Druck des Ballons auf die Stahlfeder P variiren, wodurch diese deformirt und so die Fassung L ohne jede Erschütterung und innerhalb sehr

[1]) Das Verbindungsstück der beiden Schlitten q und q' ist entfernt.

kleiner Grenzen parallel mit sich verschoben wird. Eine Höhenänderung des Wasserbehälters um 1 *cm* hat eine Parallelverschiebung von 0,15 μ zur Folge; auf diese Weise lassen sich Verschiebungen bis zu 20 μ erzeugen.

Um die beiden versilberten Glasflächen genau parallel justiren zu können, lassen sich mit der Fassung *L'* sehr feine Neigungen ausführen. Zu dem Zweck sitzt *L'* an dem frei beweglichen Ende des Stahlzylinders *T* (Fig. 1), dessen anderes Ende in ein Winkelstück eingeschraubt ist. Der Stahlzylinder trägt ein Bronzestück von quadratischem Querschnitt; unterhalb und zur Seite desselben befinden sich zwei Kautschukballons, die wieder mit Wasserbehältern in Verbindung stehen. Mit Hülfe dieser Ballons kann der Stahlzylinder

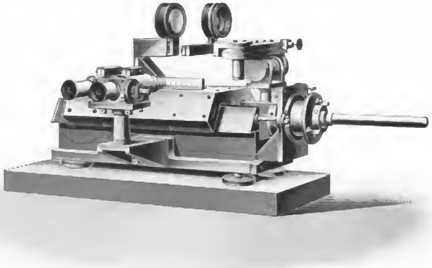


Fig. 3.

nach oben bezw. unten sowie nach der Seite etwas verbogen werden, wodurch *L'* um die horizontale bezw. vertikale Achse um sehr kleine Winkel gedreht wird. Eine Höhenänderung um 1 *cm* jedes der beiden Wasserbehälter erzeugt eine Drehung von je 0,25″. Die Paralleljustirung erfordert bisweilen das Einstellen der Wasserbehälter bis auf 1 *mm* genau.

Behufs grösserer Parallelverschiebungen ist *L'* auf dem Bronzeschlitten *p* montirt; letzterer befindet sich zwischen den beiden kürzeren, durch Seitenplatten fest miteinander verbundenen Schlitten *q* und *q'*, deren Schrauben *V* und *V'* dem Schlitten *p* noch einen sehr kleinen Spielraum lassen. So ruht *p* immer frei nur mit seinem eigenen Gewicht auf der Gleitschiene. Der Schlitten *q* ist mittels einer kardanischen Aufhängung mit dem Kopf *t* der Schraube *u* verbunden, deren Mutter *e* gleichfalls in einer kardanischen Aufhängung liegt. Hierdurch ist eine sehr ruhige und zwanglose Bewegung der Schlitten gewährleistet. Die Schraubenmutter *e* lässt sich drehen, und zwar für schnelle Verschiebungen direkt mit Hülfe der Scheibe *h*, für langsame Verschiebungen durch die seitlich angreifende Schraube *a*. Im letzteren Falle lässt eine Schraubenumdrehung etwa 15 Interferenzstreifen vorbeiwandern.

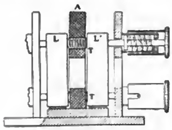


Fig. 4.

Um jederzeit durch eine schnelle Messung den Abstand der beiden Silberflächen bis auf einige Mikron bestimmen zu können, ist auf dem Schlitten *p* ein in fünftel Millimeter getheilter Maassstab befestigt, dessen Ablesung mittels eines Fernrohrs mit Mikrometer-Okular erfolgt (Fig. 3). Das Fernrohr sitzt fest am Sockel der Gleitschiene, und ein Trommeltheil ist gleich 1 μ. Den Nullpunkt ermittelt man, indem man die beiden Flächen in einen aus den Interferenzringen bestimmbaren Abstand bringt.

Zu manchen Untersuchungen sind noch Luftplatten von konstanter und genau bestimmter Dicke erforderlich. Ein derartiger Dicken-Etalon ist in Fig. 4 abgebildet. In die mit kreisförmigem Loch versehene Stahlplatte *A* sind drei kleine Stahlstifte *T* eingeschraubt,

deren Enden sorgfältig polirt und abgerundet sind. Gegen diese werden durch Federn die beiden versilberten planen Glasplatten *L* und *L'* angedrückt. Durch systematisches Abschleifen der Stahlstifte lassen sich die beiden Silberflächen sehr vollkommen parallel stellen.

Schck.

Ein dreikreisiges Goniometer.

Von G. F. H. Smith. *Mineralogical Magazine* **12.** *S. 175. 1899; Zeitschr. f. Krystallogr. u. Miner.* **32.** *S. 209. 1900.*

Nach einer kurzen Erörterung der bisher konstruirten Goniometertypen, der einkreisigen und der zweikreisigen oder Theodolit-Goniometer, beschreibt Verf. ein neues dreikreisiges Goniometer. Dasselbe vereinigt die besonderen Vortheile jeder der beiden früheren Konstruktionsarten. Der zu untersuchende Krystall braucht nur ein für allemal auf den Krystallträger gesetzt zu werden. Alsdann kann die Messung für jede Zone ausgeführt und zugleich deren Orientirung instrumentell bestimmt werden.

Zu dem Horizontalkreis *A* und dem Vertikalkreis *B* der bisherigen zweikreisigen Goniometer tritt hier ein dritter Kreis *C*, dessen Achse gegen diejenige von *A* unter beliebigem Winkel geneigt werden kann, übrigens aber stets senkrecht zu der Achse von *B* steht. Von Troughton & Simms in London ist eine Adaptirung einer zweikreisigen Einrichtung an ein Goniometer von Fuess, Modell 2, ausgeführt worden. Der Kreis *C* ist aus Aluminium, die übrigen Theile sind aus Bronze gefertigt. Jeder Kreis hat Klemmvorrichtung, Feinstellung und einen Nonius zum Ablesen der Minuten. Die Form des eigentlichen Krystallträgers ist die allgemein übliche. Die Kreise *B* und *C* haben etwa 11 *cm* bezw. 9 *cm* im Durchmesser.

An einem Beispiel giebt Verf. die Ablesungen an, die man beim Messen mit diesem Instrument erhält.

Sied.

Ueber Oszillographen[1]).

A. Blondel, *Compt. rend.* **116.** *S. 502, 748. 1893; Industr. électr.* **8.** *S. 137, 361. 1899; Rapports présentés au Congrès International de Physique à Paris en 1900.* Bd. III. Paris, Gauthier-Villars 1900. *S. 264.* — Duddell, *The Electrician* **39.** *S. 636. 1897; Journ. of the Inst. of Electr. Eng.* **28.** *S. 1. 1899.* — Hotchkiss und Millis, *Phys. Rev.* **3.** *S. 49, 358. 1895/96;* **4.** *S. 128. 1896/97;* **8.** *S. 152. 1899.*

Während man in Deutschland im letzten Jahrzehnt bei der Konstruktion von Galvanometern sein Augenmerk hauptsächlich auf eine Erhöhung der Empfindlichkeit richtete, ist inzwischen vornehmlich in Frankreich eine Gattung von Galvanometern[1]) durchgearbeitet worden, bei denen man die Bedingung stellte, dass ein durch einen veränderlichen Strom hervorgerufener Ausschlag in jedem Moment dem jeweiligen Augenblickswerth des Stroms proportional ist, dass also das bewegliche System die Schwankungen eines Stroms genau mitmacht. Es ist von vornherein klar, dass dies nur auf Kosten der Empfindlichkeit erreichbar ist und dass die Schwankungen des Stromes nicht zu rasch verlaufen dürfen, dass also z. B. bei der Aufnahme eines periodischen Stromes die Schwingungszahl pro Sekunde unter einem gewissen Werth bleiben muss. Die Apparate sind vornehmlich von Blondel in Frankreich, der 1893 das erste Modell konstruirte, und durch Duddell in England ausgebildet worden und werden als *Oszillographen* bezeichnet. Diese Apparate, die in Deutschland verhältnissmässig sehr wenig bekannt sind, haben jetzt eine ziemlich grosse Vollkommenheit erlangt und mögen im Folgenden in ihrer Wirkungsweise und Konstruktion beschrieben werden.

Die Oszillographen sind im Wesentlichen Galvanometer, deren bewegliche Systeme sehr kleine Dimensionen haben. Die Bewegung des beweglichen Systems eines Galvanometers wird bestimmt durch die Gleichung

$$K\frac{d^2\vartheta}{dt^2} + A\frac{d\vartheta}{dt} + C\vartheta = F \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 1)$$

[1]) Vgl. auch die Referate in *dieser Zeitschr.* **18.** *S. 30. 1898;* **19.** *S. 156. 1899.*

worin K das Trägheitsmoment des Systems, A die Dämpfungskonstante, C die Direktionskraft, F die äussere ablenkende Kraft bedeuten.

Ist zunächst die äussere Kraft $F = 0$, so ist das Integral der Gleichung 1)

$$\vartheta = e^{-\frac{2\pi\alpha}{\Theta}t} M \sin\left(\frac{2\pi t}{\Theta}\sqrt{1-\alpha^2}+\mu\right) \quad \ldots \ldots \quad 2)$$

wo M und μ zwei willkürliche Konstanten sind und

$$\Theta = 2\pi\sqrt{\frac{K}{C}} \qquad \alpha = \frac{A}{\sqrt{4CK}} \quad \ldots \ldots \quad 3)$$

gesetzt ist.

Durch die Gleichung 2) sind die sogenannten Eigenschwingungen des Systems definirt. Ist die äussere ablenkende Kraft F nicht gleich Null, so tritt zu einer Lösung der Gleichung 1) der Ausdruck für die Eigenschwingungen jederzeit als additives Glied hinzu. Um dieses Glied zum Verschwinden zu bringen, hat man $\alpha = 1$ zu wählen.

Es sei jetzt die äussere ablenkende Kraft hervorgebracht durch einen periodischen Strom von beliebiger Kurve. Denkt man sich diese Kurve in eine Fourier'sche Reihe aufgelöst, so kann man setzen

$$F = \sum_{n=1}^{\infty} B_n \sin 2\pi\left(\frac{nt}{T} - \beta_n\right) \quad \ldots \ldots \quad 4)$$

und ein partikuläres Integral der Gleichung 1) wird

$$\vartheta = \frac{1}{C}\sum \frac{B_n}{\sqrt{(1-n^2\tau^2)+4\alpha^2 n^2\tau^2}} \sin\left[2\pi\left(\frac{nt}{T}-\beta_n\right)-\gamma_n\right] \quad \ldots \quad 5)$$

wo

$$\tau = \frac{\Theta}{T} \qquad \operatorname{tg}\gamma_n = \frac{2\alpha n\tau}{1-n^2\tau^2} \quad \ldots \ldots \quad 6)$$

Man erkennt also durch Vergleichen von 4) und 5), dass im Allgemeinen Amplitude und Phase der einzelnen Theilschwingungen eine Aenderung erfahren; γ_n würde verschwinden, wenn $\alpha = 0$ gemacht würde, was der früher schon entwickelten Bedingung widerstreitet. Nun bedeutet aber τ das Verhältniss der Eigenperiode des beweglichen Systems zur Periode des Stromes. Macht man also erstere durch Verkleinern des Trägheitsmomentes K und Vergrössern der Direktionskraft C möglichst klein, so wird für die Oberschwingungen niedrigerer Ordnung die Phasenverschiebung γ sehr klein. Für grössere n hat aber auch ein erheblicherer Werth von γ_n keine praktische Bedeutung mehr.

$\frac{1}{\sqrt{(1-n^2\tau^2)+4\alpha^2 n^2\tau^2}}$ ist das Verhältniss, um das die Theilamplituden vergrössert oder verkleinert werden. Betrachtet man diesen Ausdruck als Funktion von n, so findet man, dass er von 1 für $n = 0$ wachsend für $n = \frac{\sqrt{1-2\alpha^2}}{\tau}$ durch ein Maximum geht, um von da an abzunehmen und für $n = \infty$ gleich Null zu werden. Damit dieser Maximalwerth, der ziemlich beträchtliche Werthe erlangen kann, unschädlich wird, hat man $\frac{\sqrt{1-2\alpha^2}}{\tau} < 1$ zu wählen; oder $\alpha > \sqrt{\tfrac{1}{2}(1-\tau^2)}$. Diese Bedingung ist mit der früher gefundenen $\alpha = 1$ verträglich.

Für $\alpha = 1$ werden die Amplituden im Verhältniss $\frac{1}{1+n^2\tau^2}$ vergrössert. Wird τ hinreichend klein gewählt, so wird die Amplitude für die ersten Oberschwingungen um sehr wenig geändert; für die höheren Obertöne, deren Amplituden sehr klein zu sein pflegen, macht eine stärkere prozentische Aenderung nichts mehr aus.

Das Ergebniss der theoretischen Betrachtungen ist also: die Eigenperiode des Systems muss durch Verkleinern des Trägheitsmomentes und Vergrössern der Direktionskraft verkleinert werden; sie muss klein sein gegenüber der Periode des aufzunehmenden Stromes. Die Erfahrung hat gezeigt, dass das Verhältniss $\tau = 1:50$ genügt. Die Dämpfung ist am besten so zu wählen, dass $\alpha = 1$ wird, d. h. dass $A^2 = 4CK$.

Ausser diesen durch die Theorie gefundenen Bedingungen ist noch zu fordern,

1) dass die Selbstinduktion des Apparates so klein sein muss, dass sie keine Aenderung der Stromkurve hervorzurufen vermag,

2) dass der Einfluss von Hysteresis im Eisen und von Wirbelströmen vernachlässigt werden kann,

3) dass eine genügende Empfindlichkeit erreicht wird,

4) dass die optischen Einrichtungen ausreichen, um ein deutliches und klares Bild zu bekommen, bezw. photographische Aufnahmen zu machen.

Entsprechend den beiden Galvanometertypen — Nadelgalvanometer und Spulengalvanometer — giebt es auch zwei Arten von Oszillographen.

I. Oszillographen mit Eisennadel.

Die Instrumente dieser Gattung bestehen aus einem kräftigen Elektromagneten mit zwei Schenkeln *NN* (Fig. 1 und 2), in welche zwei flache Polschuhe *PP* von trapezförmiger Fläche eingesetzt sind[1]). Diese Polschuhe lassen zwischen sich einen Luftraum frei von $35 \times 5 \times 5$ *mm* zur Aufnahme des beweglichen Systems. Jeder Schenkel trägt je eine Spule,

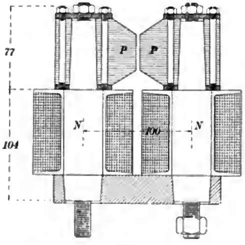


Fig. 1.

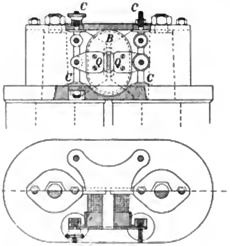


Fig. 2.

die aus 264 Windungen in 10 Lagen gewickelt ist. Der Draht hat 2 *mm* Durchmesser, der Widerstand der Spulen beträgt etwa 0,33 Ohm. Der Elektromagnet wird mit Strömen bis zu 5 Amp. erregt.

Während man bei empfindlichen Nadelgalvanometern durch Astasirungsmagnete das äussere Feld möglichst zu schwächen sucht, dient bei den Oszillographen dieser Elektromagnet dazu, die äussere Richtkraft zu vergrössern.

Zu beiden Seiten der Polschuhe *P* sind die zwei auf Hartgummikerne gewickelten Spulen *B* (Fig. 2) von elliptischer Gestalt angeordnet, die von dem zu untersuchenden Wechselstrom durchflossen werden.

Diese Spulen sind auswechselbar und werden mittels der Lappen *Q*, die gleichzeitig als Stromzuführung dienen, an die Säulen *C* geschraubt. Diese enden in zwei Anschlussklemmen und werden durch zwei Hartgummiplatten gehalten.

Wird der Apparat zur Aufnahme einer Spannungskurve gebraucht, so wählt man Spulen von je 7 Ohm Widerstand. Diese bringen bei 0,5 Amp. und 5 Amp. Erregerstrom für die Elektromagnete auf einem Schirm in 45 *cm* Entfernung einen Ausschlag von rund 10 *mm* hervor.

Das bewegliche System (Fig. 3) besteht aus einem Blech aus weichem Eisen von 0,2 *mm* Dicke, 1 *mm* Breite und 15 *mm* Länge. Die Oberfläche (15 *qmm*) ist mit einem Spiegel aus dünnem Glase bedeckt. An den Enden des Bleches sind zwei Stifte von 0,1 *mm* Durchmesser angedreht, die in Steinen gelagert sind. Das ganze System befindet sich in einem

[1]) Die in Fig. 1 vorhandenen Zahlen sind die Maasse in Millimeter.

Gehäuse aus Elfenbein von 5 × 5 *mm* Querschnitt und wird durch zwei Lappen zwischen den Polschuhen *PP* (Fig. 1) festgehalten. An der Vorderseite besitzt die Elfenbeinbüchse eine Oeffnung, die mit einer Sammellinse von 0,45 *m* Brennweite bedeckt ist.

Mit diesem nur durch die Reibung der Luft und der Spitzenlagerung gedämpften Apparat wurde zunächst die Periode der Eigenschwingung in ihrer Abhängigkeit von der Stromstärke in den Elektromagnetspulen festgestellt. Die Zahl der vollen Schwingungen erreicht das Maximum von 5400 in der Sekunde bei etwa 5 Amp. Erregerstrom. Es wurde nun die Elfenbeinbüchse mit verschiedenen dämpfenden Flüssigkeiten angefüllt und die Stromkurve beobachtet, die man bei raschem Oeffnen und Schliessen eines induktionslosen Stromkreises erhält. Man müsste in diesem Falle scharfe rechteckige Kurven bekommen und kann, je nachdem man an diesen Ecken Oszillationen oder Abschrägungen beobachtet, schliessen, dass die Dämpfung zu klein oder zu gross ist. Die Grösse der Dämpfung ist nicht nur von der Art, sondern auch von der Temperatur der dämpfenden Flüssigkeit abhängig. Die besten Resultate wurden mit Rizinusöl bei einer Temperatur von etwa 15° erhalten, wenn der Elektromagnet mit 4 bis 5 Amp. erregt war. Vaselinöl verursacht eine etwas schwächere Dämpfung, liefert aber für die Praxis noch immer hinreichend gute Resultate.

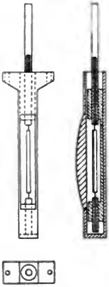


Fig. 3.

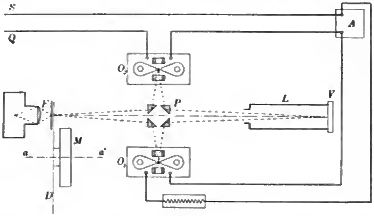


Fig. 4.

Hotchkiss, Millis und Mc Kittrik haben versucht, durch weitere Verkleinerung des beweglichen Systems die Eigenschwingungen desselben noch weiter zu erhöhen. Das bewegliche System ihres Apparates besteht aus einem Eisenblech von 1,65 *mm* Länge, 1,07 *mm* Breite und 0,07 *mm* Dicke, das in der Mitte eines kurzen, gespannten Quarzfadens aufgeklebt ist; die Enden des Fadens sind an einem dickeren, etwa 1 *cm* langen, leicht gebogenen Quarzstäbchen befestigt. Hotchkiss giebt an, dass man mittels dieser Nadel eine Eigenschwingung von 10000 in der Sekunde erreichen kann.

Leider ist dies aber nur durch eine so ausserordentliche Verkleinerung des Spiegels möglich gewesen, dass die Helligkeit des von ihm gelieferten Bildes zu klein wird; auch die Verwendung einer geeigneten dämpfenden Flüssigkeit, die der Theorie nach nothwendig ist, wurde bei dieser Konstruktion unterlassen.

Es möge nunmehr die Anordnung beschrieben werden, die dazu dient, die Kurven sichtbar zu machen, bezw. sie zu photographiren. Zunächst kommen selbstverständlich die wohlbekannten Methoden des rotirenden Spiegels und der fallenden photographischen Platte in Betracht.

Blondel hat bei den Oszillographen mit Eisennadel die folgende Anordnung[1]) getroffen (Fig. 4 und 5). Den beiden Oszillographen O_1 und O_2, von denen der erste zur Aufnahme der Spannungskurve, der zweite zur Aufnahme der Stromkurve des zu untersuchenden, an die Leitungen *SQ* angeschlossenen Apparates *A* dient, sind vier justirbare Prismen *P* gegenübergestellt.

[1]) Der Apparat wird von Ph. Pellin in Paris angefertigt.

Eine Projektionslampe F beleuchtet einen Spalt; die vom Spalt ausgehenden Lichtstrahlen treffen entweder direkt oder nach Reflexion an den Prismen und den Spiegeln der Oszillographen den das geschwärzte Rohr L abschliessenden Schirm V. Unmittelbar hinter dem Spalt steht eine Scheibe D mit 24 radialen 0,5 *mm* breiten Schlitzen. Die Scheibe sitzt auf der Achse $a\,a'$ eines kleinen Synchronmotors M, der aus zwei durch den Wechselstrom erregten Elektromagneten $J\,J'$ (Fig. 5) und 24 Eisenstückchen, die am Rand der Scheibe

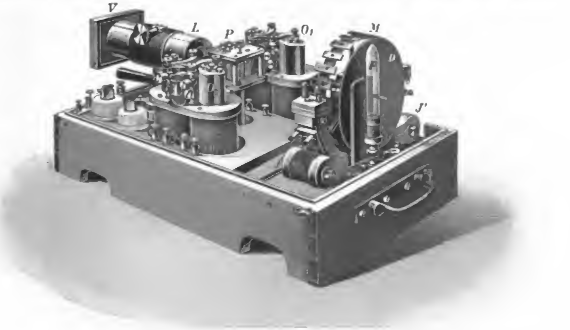


Fig. 5.

angeordnet sind, besteht. Die radialen Schlitze schneiden aus dem vertikalen Spalt einen Lichtfleck heraus; ein jeder derartige Lichtfleck zeichnet auf dem Schirm eine volle Periode, und da der Motor synchron läuft, so überdecken sich die einzelnen Bilder vollständig.

II. Bifilare Oszillographen.

Diese Type von Oszillographen ist ebenfalls zuerst von Blondel angegeben, dann aber durch Duddell vervollkommnet worden. Bei dem Apparat von Duddell befinden sich in dem engen Luftraum zwischen den zugeschärften Polen NS (Fig. 6) eines starken Elektromagneten zwei gespannte Leiter; diese sind Theile eines schmalen, dünnen Bandes $b\,b$, dessen Enden an zwei Klemmen befestigt sind und das über die Rolle R geschlungen ist. Letztere drückt die Bänder gegen den Klotz L, sodass die parallelen Theile zwischen den Polen in einer Ebene liegen. Ein kleines Spiegelchen m lässt sich auf den dünnen Bändern verhältnissmässig leicht und sicher befestigen.

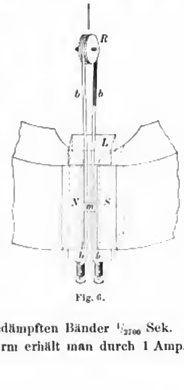


Fig. 6.

Eine an den Polen befestigte Rückwand und eine Linse auf der Vorderseite grenzen einen Hohlraum ab, in den man eine dämpfende Flüssigkeit schütten kann. Es werden folgende Dimensionen angegeben:

Dicke des Bandes 0,15 *mm*, Länge der schwingenden Theile 4,5 *mm*, Spannung an der Rolle R 2,04 *kg*, Abstand der Bandmitten 1,38 *mm*;

Spiegel: Höhe 3 *mm*, Breite 1,5 *mm*, Dicke 0,2 *mm*, Gewicht 2 *mg*;

Widerstand des Bandes 0,53 Ohm, Eigenperiode der ungedämpften Bänder $^1/_{2100}$ Sek.

Bei einem Abstand von 135 *cm* des Spiegels von dem Schirm erhält man durch 1 Amp.

einen Ausschlag von 200 *mm*. Um nun gleichzeitig Strom- und Spannungskurven aufnehmen zu können, fügt Duddell in den Elektromagneten nebeneinander zwei Luftspalte ein und spannt in jedem ein bifilares Band aus. Die beiden zugehörigen Rollen sind in diesem Falle an den Enden eines Bandes befestigt, das über eine dritte Rolle geschlungen ist; letztere sitzt an einer verstellbaren Feder. Fig. 7[1]) giebt die Gesammtansicht eines derartigen Oszillographen.



Fig. 7.

Zur Beobachtung der Schwingungen des beweglichen Systems benutzt Duddell einen Synchronmotor, der einen Spiegel, dessen Drehungsachse horizontal liegt, in oszillirende Bewegung versetzt. Der von dem beweglichen System und dem oszillirenden Spiegel zurückgeworfene Lichtstrahl fällt auf einen zylinderförmig gebogenen Schirm, auf dem die Kurve photographirt oder nachgezeichnet werden kann.

Der Apparat von Duddell erfuhr durch Blondel weitere Verbesserungen, die auf theoretischen Betrachtungen beruhen. Liegen die beiden schwingenden Bänder sehr dicht

[1]) Die Figur ist von der *Cambridge Scientific Instrument Co.* in Cambridge, England, welche die Duddell'schen Apparate anfertigt, freundlichst zur Verfügung gestellt worden.

neben einander und ist der Spiegel gut auf denselben befestigt, so kann man die Bewegungen des Systems als Torsionsschwingungen auffassen. Nun lässt sich aber die Periode der Torsionsschwingungen eines Stabes bei geeigneter Wahl der Dimensionen viel kürzer machen, als die der Transversalschwingungen, und man hat dazu den Vortheil, dass der Draht nicht übermässig stark gespannt zu werden braucht.

Es mag bedeuten

l die Länge, b die Breite, c die Dicke, σ den Querschnitt eines Bandes, a den Abstand der Mitte beider Bänder von einander,

μ' den Koeffizienten von Saint Venant (im Durchschnitt = 0,95), E den Elastizitätskoeffizienten, ω das spezifische Gewicht, ϱ den spezifischen Widerstand, $\mathfrak{H}$ die Intensität des magnetischen Feldes, g die Erdkonstante, T die Zugspannung an jedem Bande, ψ den Ablenkungswinkel des Spiegels, i die Stromintensität in jedem Bande,

dann ist nach Blondel die Zahl der Eigenschwingungen

a) für flache Bänder (Querschnitt bc)

$$N = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{g}{\omega}\left[\frac{2}{5}\,\frac{E\mu'}{1+\frac{3a^2}{b^2+c^2}}\left(\frac{2bc}{b^2+c^2}\right)^2+\frac{T}{\sigma}\right]},$$

b) für kreisförmigen Querschnitt (Radius r)

$$N = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{g}{\omega}\left[\frac{\frac{2}{5}E}{1+\frac{a^2}{2r^2}}+\frac{T}{\sigma}\right]}.$$

Die Empfindlichkeit bei gegebener Eigenschwingung N ist

a) für flache Bänder

$$\frac{\psi}{i} = \frac{3}{16}\,\frac{\mathfrak{H}g}{\omega N^2}\,\frac{a}{bc(b^2+c^2+3a^2)},$$

b) für kreisförmigen Querschnitt

$$\frac{\psi}{i} = \frac{1}{16}\,\frac{\mathfrak{H}g}{\omega N^2}\,\frac{a}{\pi r^2(2r^2+a^2)}.$$

Ist für ein Band der Querschnitt gegeben, so erkennt man, dass N zum Maximum wird, wenn man $b = c$ macht, d. h. der Querschnitt soll quadratisch sein; in diesem Falle wird

$$N = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{g}{\omega}\left(\frac{8}{5}\,\frac{E\mu'}{1+\frac{3a^2}{2b^2}}+\frac{T}{\sigma}\right)}.$$

Das zweite Glied wird im Allgemeinen klein sein gegenüber dem ersten, da E grosse Werthe hat. Um nun N möglichst zu vergrössern, wird man ein Material nehmen, dessen Elastizitätskoeffizient möglichst gross und dessen spezifisches Gewicht möglichst klein ist.

Aus der Formel für die Empfindlichkeit erkennt man, dass es ebenfalls vortheilhaft ist, b und c möglichst einander gleich zu machen und im Uebrigen ω, a, b, c, bezw. r möglichst klein zu wählen. Einen genau quadratischen Querschnitt zu wählen, ist nicht rathsam, weil es sonst Schwierigkeiten macht, den Spiegel gut und dauerhaft zu befestigen.

Blondel hat dementsprechend in seinen neuesten Apparaten feine Bänder aus besonders bearbeitetem Aluminium von 15 bis 20 *mm* Länge verwandt; die Fläche des Spiegels betrug $1{,}5 \times 0{,}5$ *mm* bei einer Dicke von 0,1 bis 0,2 *mm*. Die Zahl der Eigenschwingungen des Systems erreicht bei diesen Apparaten 13 000 in der Sekunde; die Empfindlichkeit beträgt 0,25 *mm* pro Milliampere bei 1 *m* Skalenabstand.

Um bei einem derartig kleinen Spiegel noch eine genügende Helligkeit des Bildes zu erzielen, werden die Lichtstrahlen, die von einem vertikalen, beleuchteten Spalt ausgesandt werden, am Spiegel des Oszillographen reflektirt und dann durch eine Zylinderlinse auf dem Beobachtungsschirm oder der photographischen Platte in einem Punkt konzentrirt.

Zur Erzielung eines möglichst starken magnetischen Feldes sind die Untersuchungen von Ewing und Weiss über die Abhängigkeit eines magnetischen Feldes von der Form der Polschuhe berücksichtigt worden. An den Elektromagnet sind stumpfe Polschuhe angesetzt; diese enden in einerseits schräg zugeschärften Schneiden, zwischen denen ein Luftraum von 0,6 bis 1 *mm* Weite gelassen ist. Um gleichzeitig zwei Kurven aufnehmen zu können, wird der Elektromagnet wie bei Duddell durch zwei Lufträume unterbrochen (vgl. Fig. 8).

Neuerdings ist von Blondel eine dritte Art von Oszillographen konstruirt worden, welche gewissermaassen die Eigenschaften der beiden vorher beschriebenen Typen vereinigt. Bei der Neukonstruktion ist das bewegliche Eisenblech des unter I beschriebenen Apparates durch ein 0,2 bis 0,3 breites und wenige hundertel Millimeter dickes Eisenband ersetzt, das zwischen zwei Trägern ausgespannt ist. Die Richtkraft wird theils durch die Elektromagnete, theils durch die Torsionskraft des Bandes geliefert. Jedes horizontale Theilchen des Bandes verhält sich wie ein kleiner Magnet; in der Mitte des Bandes, wo der Spiegel befestigt ist, ist die Schwingungsweite am grössten.

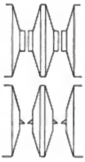


Fig. 8.

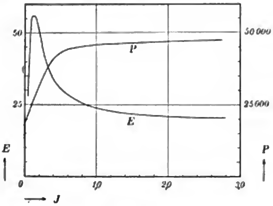


Fig. 9.

Mit dieser Anordnung hat Blondel bei genügender Empfindlichkeit eine Eigenperiode von 40 000 bis 50 000 in der Sekunde erreicht. Begnügt man sich mit 10 000 bis 15 000 Perioden, so wird dadurch die Empfindlichkeit bedeutend gesteigert. Die nebenstehende Kurve (Fig. 9) stellt die Abhängigkeit der Eigenperiode P und Empfindlichkeit E von der Stärke J des erregenden Stroms im Elektromagneten dar.

Vergleicht man die beiden Arten von Oszillographen miteinander, so wird man sagen können, dass die Apparate mit bifilarem System die empfindlicheren und exakter arbeitenden sind; der Selbstinduktionskoeffizient ist ausserordentlich klein. Andererseits sind es aber ausserordentlich subtile Apparate, während die Oszillographen mit Eisennadel zwar nicht so leistungsfähig sind und eine erhebliche Selbstinduktion besitzen, dafür aber einfacher zu behandeln und für den Gebrauch in der Praxis jedenfalls geeigneter sind.

Schliesslich sei noch auf die Schaltung von Abraham hingewiesen, der bei der Kurvenaufnahme Oszillographen mit verhältnissmässig sehr grosser Eigenperiode verwenden kann (vgl. *diese Zeitschr.* ***18.*** *S. 30. 1898*) und die durch die Trägheit und Dämpfung der Nadel bewirkten Verzerrungen durch Induktionswirkungen kompensirt. *Orlich.*

Elektrischer Apparat zur Messung des Gehalts der Luft an Grubengas.

Von G. Léon. *Compt. rend.* ***132.*** *S. 1408. 1901.*

Der Apparat besteht aus einer Wheatstone'schen Brücke, von der zwei Zweige durch Konstantanspulen von je etwa 1,3 Ohm Widerstand gebildet werden, während die beiden anderen aus dünnen, galvanisch verkupferten Platindrähten von 0,05 *mm* Durchmesser bestehen; in der Diagonale befindet sich ein aperiodisches Zeigergalvanometer. Die Platindrähte sind so abgeglichen, dass, wenn sie durch einen Strom von etwa 0,7 Amp. zum Glühen gebracht werden, im Allgemeinen kein Ausschlag des Galvanometers erfolgt; wird

aber der eine von ihnen in eine andere Atmosphäre gebracht, so ändert sich in Folge der veränderten Wärmeemission seine Temperatur und daher auch sein elektrischer Widerstand, es erfolgt also ein Ausschlag des Galvanometers. Diese Thatsache ist nun in der Weise zur Messung des Grubengas-Gehalts der Luft verwendet worden, dass der eine der beiden Platindrähte sich in einem dicht verschlossenen, dauernd mit reiner Luft gefüllten Glasrohr befindet, während der andere, nur durch Metallgaze geschützt, der zu untersuchenden Atmosphäre zugänglich bleibt; der Ausschlag des Galvanometers kann nach vorausgegangener Aichung als Maass für den Prozentgehalt an Grubengas der betreffenden Atmosphäre dienen.

Der Genauigkeitsgrad des Apparates wird auf mindestens 0,1 Prozent angegeben, und es wird auf einige Fehlerquellen und Schwierigkeiten bei der Handhabung hingewiesen. Ueber die zeitliche Konstanz der Angaben des Apparates werden keine Mittheilungen gemacht. *Rt.*

Neu erschienene Bücher.

A. Laussedat, *Recherches sur les instruments, les méthodes et le dessin topographiques.* Bd. 2; I. Thl. Ikonometrie und Metrophotographie. gr. 8°. 198 S. mit 51 Fig. u. 15 Taf. Paris, Gauthier-Villars 1901. 10 Fr.

Dem ersten, in dieser Zeitschrift angezeigten Bande dieses ausserordentlich wichtigen Werks lässt der greise Verfasser hier zunächst die 1. Abtheilung des 2. Bandes folgen, die die Ikonometrie enthält. Der Verf. wird für diesen Abschnitt noch grössere Beachtung finden als für den ersten Band, denn er stellt bekanntlich sein eigenstes Gebiet vor. Der Text ist auch geschichtlich von grossem Interesse: von Lambert's und Beautemps-Beaupré's Konstruktion von Grund- und Aufriss aus zwei gezeichneten Perspektiven ausgehend (wobei auch B.-B.'s Karte der Insel Santa Cruz reproduzirt wird), werden sodann die ersten photogrammetrischen Arbeiten in den 50-er Jahren des vorigen Jahrhunderts besprochen und die sämmtlichen photogrammetrischen oder speziell phototopographischen Instrumente beschrieben.

Die Tafeln geben u. A. mehrere völlig durchgeführte Beispiele der Herstellung von Grund- und Aufriss von Gebäuden aus Photographien und topographischen Aufnahmen mit Höhenlinien; unter diesen ragt der Plan von Sainte-Marie aux Mines und Umgebung hervor, der 1867 von Javary aufgenommen wurde und bei einem Umfang von 35 *qkm* (Darstellung im Original 1 : 5000, in der Reproduktion in dem Werk von Laussedat, Tafel XIII, 1 : 20 000; Höhenlinien mit 5 *m* Abstand konstruirt; Gelände zum grossen Theil schwierig, stark zerschnitten mit vielen aufzunehmenden Einzelheiten) zur Herstellung aus 52 photographischen Aufnahmen (20 × 30 *cm*) von 31 Stationen aus an Zeit beanspruchte: 10 Feldarbeitstage und 2½ Monate Büreauarbeit.

Möge es dem Verf. vergönnt sein, sein grosses Werk rasch vollends zu Ende zu führen. *Hammer.*

H. L. Rice, *The Theory and Practice of Interpolation.* Lex.-8°. 234 S. Lynn, Mass., Nichols 1899.

Der Verfasser sagt, dass ihm, soviel auch über Interpolation und mechanische Quadratur geschrieben worden sei, doch immer wieder das Bedürfniss einer vollständigen, dabei aber einfachen und praktischen Abhandlung über diese Gegenstände nahegetreten sei; und eine solche Abhandlung, mit den für die Rechnungspraxis erforderlichen Tafeln, wolle er hier geben, nicht als reine Kompilation, sondern in vielfach neuer Darstellung. Er hat denn auch seine Aufgabe mit Erfolg und sehr vollständig gelöst; und obgleich das Werk vor Allem den astronomischen Gebrauch im Auge behält (der Verf. ist Assistent beim Rechnungsbüreau der „*American Ephemeris*“ und Professor der Astronomie in Washington und entnimmt deshalb die meisten Zahlenbeispiele der Astronomie), so wird doch Jeder, der irgendwie mit Zahlentafeln, besonders vielziffrigen Tabellen, zu thun hat, mit Vortheil von dem Werk Gebrauch machen. Dies ist auch der Grund, aus dem ich es hier kurz anzeige.

Nach einer Einleitung über die Differenzenreihen und die Differenzenrechnung wird die Newton'sche Interpolationsformel aufgestellt, ferner werden die Umformungen dieser Formel abgeleitet, die zu den nach Stirling und nach Bessel benannten Interpolationsformeln geführt haben. Zu der „Stirling'schen" Formel ist nur zu bemerken, dass sie ebenfalls nach Newton benannt werden sollte, worauf (zuerst?) Eneström 1879 und 1886 aufmerksam gemacht hat. Das 3. Kapitel beschäftigt sich mit Berechnung der Werthe der *Ableitungen* tabulirter Funktionen aus den Differenzenreihen, das 4. mit der mechanischen Quadratur, wobei als Zahlenbeispiele selbstverständlich solche gewählt werden, bei denen die exakte Integration sich ohne Weiteres ergiebt und zur Verifikation der Resultate der mechanischen Quadratur dienen kann, das 5. enthält vermischte Aufgaben und Anwendungen, wie auch die vorhergehenden Abschnitte reichlich mit Beispielen ausgestattet sind.

Von den angehängten Tafeln giebt die erste die Werthe der Binomialkoeffizienten (Newton's Interpolationskoeffizienten) $\binom{n}{2}$, $\binom{n}{3}$, $\binom{n}{4}$ und $\binom{n}{5}$ für $n = 0{,}00$ bis 1,00 mit dem Intervall 0,01 je bis auf 5 Dezimalstellen, reicht also auch für sehr feine Tabellenrechnungen aus; die folgenden Tafeln geben die „Stirling'schen" und Bessel'schen Interpolationskoeffizienten in demselben Umfang und mit demselben Intervall; die drei nächsten Tafeln geben die Newton'schen, Stirling'schen und Bessel'schen Koeffizienten zur Berechnung von $F'(T)$ (Kap. 3) u. s. f. Eine Bibliographie bildet den Schluss. Dass hier manche der ältern Originalschriften fehlen, entschuldigt der Verf. damit, dass sie bei ihrer Seltenheit doch meist nicht eingesehen werden könnten (das mag z. B. für Stirling's Schriften gelten, aber Bessel sollte doch in dem Verzeichniss nicht fehlen); unter den neuern Werken hätte jedenfalls Markow's Differenzenrechnung (deutsch von Friesendorff und Prümm, Leipzig 1896) nicht fehlen sollen. Im Text hätte dem Ref. auch noch eine kurze Darstellung der Lagrange'schen Interpolationsmethode zweckmässig geschienen, die übrigens nach dem Engländer E. Waring benannt werden sollte, wie ganz kürzlich v. Braunmühl nachgewiesen hat (Biblioth. mathematica [Eneström]. 2. Bd. Leipzig 1901. *S. 86 bis 96*).

Hammer.

Bibliothek, Internationale wissenschaftliche. 59. Bd. 8°. Leipzig, F. A. Brockhaus.
59. E. Mach, Die Mechanik in ihrer Entwickelung historisch-kritisch dargestellt. 4. Aufl. XIV, 550 S. m. 257 Abbildgn. 1901. 8,00 M.; geb. 9,00 M.

A. Korn, Eine mechanische Theorie der Reibung in kontinuirlichen Massensystemen. gr. 8°. XII, 219 S. m. 5 Fig. Berlin, F. Dümmler's Verl. 1901. 6,00 M.; geb. 7,00 M.

E. Study, Geometrie der Dynamen. Die Zusammensetzg. v. Kräften u. verwandter Gegenstände der Geometrie. In 2 Lfgn. 1. Lfg. gr. 8°. 240 S. m. Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1901. 7,60 M.

Lassar-Cohn, Arbeitsmethoden f. organisch-chemische Laboratorien. 3. Aufl. Allgemeiner Thl. gr. 8°. VII, 213 S. m. 106 Abbildgn. Hamburg, L. Voss 1901. 7,00 M.

W. Nernst u. A. Schönflies, Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften. Kurzgefasstes Lehrbuch d. Differential- u. Integralrechng. m. besond. Berücksicht. der Chemie. 3. Aufl. gr. 8°. XII, 340 S. m. 68 Fig. München, E. Wolff 1901. 10,00 M.; geb. 11,50 M.

F. Kohlrausch, Lehrb. d. prakt. Physik. 9. Aufl. des Leitfadens der prakt. Physik. gr. 8°. XXVII, 610 S. m. Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1901. Geb. in Leinw. 8,60 M.

L. Kronecker, Vorlesgn. üb. Mathematik. Hrsg. unter Mitwirkg. e. v. der kgl. preuss. Akademie d. Wissenschaften eingesetzten Kommission. In 2 Thln. 2 Thl. Vorlesungen üb. allgemeine Arithmetik. 1. Abschn.: Vorlesgn. üb. Zahlentheorie. I. Bd. 1. bis 33. Vorlesg. Bearb. u. hrsg. v. Prof. Dr. Kurt Hensel. gr. 8°. XVI, 509 S. m. 7 Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1901. 18,00 M.

A. Föppl, Vorlesungen üb. technische Mechanik. In 4 Bdn. 4. Bd.: Dynamik. 2. Aufl. gr. 8°. XV, 506 S. m. 69 Fig. Leipzig, B. G. Teubner. Geb. in Leinw. 12,00 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXI. Jahrgang. **September 1901.** Neuntes Heft.

Ueber eine Prüfungstafel für stereoskopisches Sehen.

Von
Dr. **C. Pulfrich** in Jena.

1. *Zweck der Prüfungstafel.* Die diesem Aufsatz beigefügte, zum Einlegen in ein Stereoskop eingerichtete Tafel ist in erster Linie den Interessenten für den von der Firma Carl Zeiss in Jena hergestellten stereoskopischen Entfernungsmesser[1]) zugedacht. Sie bietet denselben zum Zwecke der Auswahl geeigneter Personen für den Gebrauch dieses Entfernungsmessers eine bequeme Handhabe, sich über die bei ihnen vorhandene Fähigkeit des stereoskopischen Sehens — von welcher Fähigkeit die Verwendbarkeit eines Beobachters vorzugsweise abhängt — ein zutreffendes Urtheil zu verschaffen[2]).

Aus diesem Grunde sind in der vorliegenden Prüfungstafel mit Fleiss alle diejenigen „quasi-stereoskopischen" Effekte, welche auf der Perspektive, der theilweisen Bedeckung eines Objektes durch ein näher gelegenes u. s. w. beruhen — Effekte, mit denen bekanntlich die Malerei fast ausschliesslich arbeitet und die bei einäugiger Betrachtung des betreffenden Gemäldes sogar noch besser als im zweiäugigen Sehen zur Geltung gelangen — gänzlich vermieden. Niemand wird aus dem blossen Anblick der Tafel, d. h. ohne Ueberlegung und ohne Ausmessen der Abstände der Komponenten eines jeden Raumbildes über die Art ihrer Vertheilung im Raum ein zutreffendes Urtheil abgeben können. Der schwarmartige Charakter der in der Tafel vereinigten Zeichen offenbart sich dem Beobachter, sofern derselbe überhaupt stereoskopisch sehen kann, nur bei entsprechender zweiäugiger Betrachtung der Tafel. Ein Stereoskop ist hierzu nicht unbedingt erforderlich. Man kann die Raumbilder auch im zweiäugigen *freien* Sehen als solche erkennen. Natürlich gehört hierzu, sowie zu der Beobachtung des sog. pseudo-stereoskopischen Effektes — umgekehrte Tiefenfolge — durch Ueberkreuzstellen der Augen einige Uebung des Beobachters in derartigen Experimenten. Anfänger thun jedenfalls gut, in dem einen Falle dicht über das Stereoskopbild hinweg nach einem weit entfernten Gegenstande in der Landschaft, in dem anderen Falle nach einem vorübergehend zwischen Augen und Bild gehaltenen Bleistift oder dgl.

[1]) Man vergleiche dieserhalb meinen Vortrag auf der Naturforscherversammlung in München (*Phys. Zeitschr. 1899. S. 98*). Abdrücke dieses Vortrages, ein Stereoskopbild mit Messskale und die übrigen den Entfernungsmesser betreffenden Druckschriften, Prospekt und Gebrauchsanweisung können von Seiten der Firma C. Zeiss in Jena kostenlos bezogen werden.

[2]) Einige allgemeine Gesichtspunkte für eine diesbezügliche Beurtheilung eines Beobachters habe ich in den vorgenannten Publikationen angegeben. Man vergleiche auch die das gleiche Thema behandelnden Ausführungen des Hrn. Oberstleutnant Prof. Becker in Zürich in seinem Aufsatz „Ueber Reliefferorohre und Entfernungsmesser von C. Zeiss", *Schweiz. Zeitschr. f. Artillerie u. Genie 1900. S. 365.*

zu sehen und dadurch der verlangten Richtung der Augenachsen einen Anhalt zu geben. Auch halte man beim Kreuzen der Augenachsen das Bild möglichst weit vom Auge fort.

Die Prüfungstafel ermöglicht, den Beobachter nicht nur *qualitativ*, sondern auch *quantitativ* auf seine Fähigkeit der stereoskopischen Tiefenunterscheidung zu untersuchen. Denn die in den einzelnen Figuren vorhandenen Tiefenunterschiede sind von verschiedener Grössenordnung und *bis zu den äussersten noch erkennbaren Grenzen der Tiefenunterscheidung fortgeführt.* In Folge dessen bringt die Tafel auch eine Reihe von *Beweisen* für die von mir in meinem Münchener Vortrag über den Entfernungsmesser gemachte Angabe über die Grösse des Grenzwerthes der stereoskopischen Tiefenunterscheidung. Man vergleiche dieserhalb des Näheren unter 3. *S. 251* und unter 6. *S. 258*.

Die Prüfungstafel ist zugleich eine *Uebungstafel.* Sie erweist sich nämlich nach den bisher in dieser Richtung angestellten Versuchen sowohl bei Erwachsenen als auch bei Kindern[1]) als ein vorzügliches *Exerzirmittel für die gleichmässige Heranziehung beider Augen und für die Ausbildung der durch das zweiäugige Sehen gewonnenen Raumvorstellung.* Es handelt sich hierbei nicht allein um das Erkennen der kleinen und kleinsten Tiefenunterschiede, sondern ganz besonders auch um die Fähigkeit des Beobachters, nahe und ferne Raumbilder im schnellen Wechsel hintereinander zu erfassen. Für ersteres scheint, abgesehen von der Gehirnthätigkeit, vorwiegend die Sehschärfe, für letztere vorwiegend die Muskelthätigkeit — Aenderung des Konvergenzwinkels der Augenachsen — und die Akkomodationsfähigkeit der Augenlinse maassgebend zu sein.

Endlich hat die Prüfungstafel noch ein besonderes Interesse dadurch, dass in ihr mehrere Stereoskopbilder, die Gruppen 2 und 4, enthalten sind, durch welche die Verwendbarkeit des stereoskopischen Beobachtungs- und Mess-Verfahrens für die Zwecke der *Vergleichung von photographischen Sternaufnahmen* einerseits und für *Maassstabvergleichungen* andererseits zur Anschauung gebracht ist. Den speziell für diese Zwecke konstruirten und für mancherlei andere Aufgaben verwendbaren *stereoskopischen Komparator* beabsichtige ich demnächst bekannt zu geben. Er ist für die Untersuchung von Platten bis zu 18 *cm* Durchmesser eingerichtet. Das mikrometrische Messverfahren beruht im Wesentlichen auf dem in meinem Vortrag über den Entfernungsmesser angegebenen Prinzip der „wandernden Marke"[2]). Die Erläuterung der beiden Stereoskopbilder 2 und 4 erfolgt zusammen mit der der übrigen weiter unten.

2. *Anfertigung und Ausmessung der Prüfungstafel.* Die sämmtlichen Figuren der Prüfungstafel sind abgesehen von der im gewöhnlichen Buchdruckverfahren hergestellten Inschrift mit der Hand gezeichnet worden. Diese Originalzeichnung war etwa 13-mal grösser als die vorliegende Tafel.

Bei Stereoskopbildern gelten als Grundbedingung für die Vollkommenheit des stereoskopischen Effektes die beiden Anforderungen, dass erstens die zusammengehörigen Komponenten eines und desselben Raumbildes im rechten und im linken Bildfeld genau die *gleiche Grösse* haben und dass zweitens die Verbindungsgerade identischer Punkte bei allen Figuren *gleich gerichtet* — der Verbindungslinie der Augen parallel — ist. Der Ort des Raumbildes (seine Entfernung) hängt ausschliesslich von dem *Abstand* der Komponenten ab. Letzterer wurde nach Gutdünken bemessen.

Dieser Abstand A ist in den weiter unten stehenden Tabellen für jede einzelne Figur der Prüfungstafel angegeben. Die Zahlen sind durch Ausmessen der

[1]) Für diese findet wegen des erheblich geringeren Augenabstandes eine auf etwa $^4/_5$ verkleinerte Tafel Anwendung. Dieselbe kann durch die Firma C. Zeiss bezogen werden.

[2]) Man vergleiche auch *diese Zeitschr.* **21.** *S. 223. 1901.*

Originalzeichnung mittels eines langen Glasmaassstabes (in Millimeter getheilt) ermittelt worden.

Die Reduktion der Zeichnung auf die vorliegende Grösse der Prüfungstafel geschah durch Photographie.

3. *Fehlergrenzen und Grenzen der Tiefenunterscheidung.* Wir nehmen, was sicher reichlich gemessen ist, den bei der Ausmessung der Originalzeichnung begangenen Fehler an zu $\pm 0,2$ *mm*. Dementsprechend beträgt die Unsicherheit in den weiter unten mitgetheilten Zahlenwerthen für die Abstände A höchstens $\pm 0,015$ *mm*[1]).

Nun sind für einen im stereoskopischen Sehen einigermaassen geübten Beobachter Fehler in den Abständen der Komponenten im Betrage von $\pm 0,015$ *mm* bei Anwendung eines der gebräuchlichen Stereoskope (Abstand der Augen von der Bildfeldebene ungefähr gleich 150 *mm*) *noch deutlich als Tiefenunterschiede zu erkennen.* Doch liegen sie schon hart an der Grenze der stereoskopischen Tiefenunterscheidung. Denn einer Aenderung des Abstandes A im Betrage von $1\frac{1}{2}$ hundertstel Millimeter entspricht unter den angegebenen Versuchsbedingungen eine Aenderung des Konvergenzwinkels der Augenachsen im Betrage von rund 20″.

Solche durch fehlerhafte Zeichnung und Messung hervorgerufene Tiefenunterschiede sind an verschiedenen Stellen der Tafel vorhanden. Ich verweise hier nur auf den in Gruppe 2 gezeichneten Fixsternhimmel. Abgesehen von dem im Vordergrund befindlichen Planetarium sollten die sämmtlichen Sterne vom Beobachter gleich weit entfernt liegen und daher im Stereoskop in einer Ebene liegend gesehen werden. Das ist aber, wie man bei einiger Aufmerksamkeit leicht feststellen kann, keineswegs der Fall. Der Fixsternhimmel in Gruppe 2 macht gar nicht den Eindruck einer ebenen Fläche, wie dies bei dem Original[2]), dem die Figur nachgebildet ist, der Fall ist; es treten einige Sterne, grössere und kleinere, deutlich vor, andere deutlich zurück. Hierin und in dem Umstand, dass viele Personen noch gut Quantitätsunterschiede in dem angegebenen Verhalten der Fixsterne erkennen können, liegt ohne Weiteres der Beweis dafür, dass bei diesen Personen die Fähigkeit, kleine Tiefenunterschiede wahrzunehmen, noch ein erhebliches Stück weiter reicht als 20″. Ich komme hierauf zum Schluss des Aufsatzes noch besonders zurück.

4. *Berechnung der Lage der virtuellen Raumbilder.* Um einen bequemen Ueberblick über die Raumvertheilung der einzelnen in der Prüfungstafel enthaltenen Gruppen zu ermöglichen, berechnen wir im Folgenden für jedes Raumbild die demselben zugehörige Entfernung vom Auge des Beobachters.

Die Entfernung E eines im Stereoskop gesehenen Raumbildes (s. Fig. 1) ist ausser von dem Abstande A der beiden Komponenten p_1 und p_2 noch abhängig von dem Augenabstand A_0 des Beobachters, dem Bildabstand e vom Auge, sowie endlich von der Wahl des zur Betrachtung des Stereoskopbildes dienenden Stereoskops und von der Art seines Gebrauches.

Hinsichtlich des Stereoskopes beschränken wir uns in den nachfolgenden Ueberlegungen und Berechnungen auf ein solches *mit Linsen*, deren optische Achsen einander parallel gerichtet sind, und setzen ferner voraus, dass der Abstand der Linsen

[1]) Es ist selbstverständlich, dass man beim Nachmessen der Prüfungstafel erheblich grössere Abweichungen zwischen den gefundenen Abständen A und den Angaben der Tabellen entdecken wird. Aber diese insonderheit durch die Dehnung des Papiers bewirkten Abweichungen finden bei allen Figuren in dem gleichen Sinne statt und sind daher für die Beurtheilung der Tiefen-*Folge* der Raumbilder und nahezu auch für die Grösse der Tiefen-*Unterschiede* ohne Einfluss.

[2]) Des Näheren siehe dieserhalb weiter unten *S. 253, Gruppe 2.*

von einander dem Augenabstand und der Abstand der Linsen von der Prüfungstafel der Sehweite des Beobachters angepasst werden können. Selbstverständlich haben diese Einschränkungen nur einen Einfluss auf die absoluten Werthe der Entfernungen E, nicht aber auf die Tiefen-*Folge* der einzelnen Figuren.

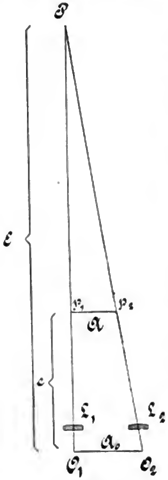


Fig. 1.

Wir reguliren den Abstand der beiden Linsen L_1 und L_2 von einander so, dass durch sie keine Ablenkung der von p_1 nach O_1 (dem Augenmittelpunkt) und von p_2 nach O_2 gehenden Lichtstrahlen stattfindet. Es ist dann sofort zu sehen, dass der Ort des virtuellen Raumbildes P der beiden zusammengehörigen Figuren p_1 und p_2 hier ebenso wie bei dem früher von mir beschriebenen *Stereoskop ohne Linsen*[1]) gegeben ist in dem Durchschnittspunkt der von O_1 nach p_1 und von O_2 nach p_2 gezogenen Geraden. Auch für die gesuchte Entfernung E des Raumbildes P erhalten wir wieder die gleiche Formel wie früher

$$E = \frac{A_0 \cdot e}{A_0 - A},$$

wo e, der Abstand der Augen von der Bildebene, hier angenähert die Brennweite der Linsen bedeutet.

Dasselbe Raumbild liegt für alle Beobachter nicht in der gleichen Entfernung. Ueber die Abhängigkeit der Entfernung E von A_0 und e kann man ganz allgemein sagen, dass ein kurzsichtiger bezw. ein Beobachter mit grösserem Augenabstand ein und dasselbe Raumbild *näher* sieht, als ein weitsichtiger bezw. ein Beobachter mit kleinerem Augenabstand.

Von besonderem Interesse ist natürlich die Abhängigkeit von A_0[2]). Zu dem Ende berechnen wir für eine Anzahl von Augenabständen die zugehörigen Entfernungen für das erste und letzte der in der Prüfungstafel enthaltenen Raumbilder. Es sind dies der grosse Ring und die in Gruppe 2 befindlichen Fixsterne. Dementsprechend sind

bei einem Augenabstand A_0 =	die sämmtlichen Raumbilder der Prüfungstafel gelegen zwischen
60 *mm*	2,22 *m* und 412 *m* (∞)
62 „	1,54 „ „ 4,65 *m*
64 „	1,19 „ „ 2,39 „
66 „	0,98 „ „ 1,65 „
68 „	0,85 „ „ 1,28 „
70 „	0,75 „ „ 1,05 „ [3])

[1]) Pulfrich, Ueber einige stereoskopische Versuche, *diese Zeitschr.* **21.** *S. 221. 1901.*

[2]) Die Messung des Augenabstandes A_0 geschieht vortheilhaft mit dem von der Firma C. Zeiss neuerdings konstruirten „Augenabstandsmesser“.

[3]) Dass das aus obiger Tabelle ersichtliche Zusammenrücken der Raumbilder der Prüfungstafel in der Tiefe mit zunehmendem Augenabstand keinen Verlust an Tiefenunterscheidung bedeutet, mag hier noch besonders hervorgehoben werden. Wie ich in meinem Vortrage über den Entfernungsmesser des Näheren ausgeführt habe, beträgt der auf einer bestimmten Entfernung E begangene Fehler der Tiefenunterscheidung $dE = (E/r) E$, unter r den Radius des stereoskopischen Feldes im freien Sehen verstanden, welcher Radius $r = A/\delta$ sich für einen zwischen 60 und 70 *mm* gelegenen

Die Abhängigkeit der Entfernung E von A_0 kann jeder Beobachter leicht an sich selbst dadurch studiren, dass er beim Einblicken in das Stereoskop so weit als thunlich den Kopf nach rechts oder links dreht. In Folge der hierbei stattfindenden Verkürzung des Augenabstandes rücken die Raumbilder mehr oder weniger in die Ferne.

Bei diesem Versuch kann man sich einen Anhalt für die Beurtheilung der Entfernungen der virtuellen Raumbilder dadurch verschaffen, dass man das Stereoskop nicht auf den Beobachtungstisch, sondern geradeaus ins Freie richtet und hierbei das Stereoskop so weit, etwa 10 *cm*, vom Auge forthält, dass man noch bequem *unter* dem Stereoskop weg nach Objekten in der Landschaft sehen kann. In der gleichen Weise kann man sich auch von dem Einfluss einer Abänderung des Linsenabstandes auf die Lage der Raumbilder Rechenschaft geben.

5. *Die einzelnen Gruppen der Prüfungstafel und deren Erläuterung.* Die Prüfungstafel enthält, abgesehen von der Inschrift, im Ganzen acht Gruppen von Figuren, deren jede von einem Ring umgeben und mit einer Nummer versehen ist. Von diesen Nummern sind 1, 4 und 6 sehr nahe in der gleichen Entfernung mit den zugehörigen Ringen, 2, 5 und 7 treten etwas vor, 3 und 8 etwas zurück. Von vorn nach hinten folgen die 8 Ringe, die Inschrift „Prüfungstafel für stereoskopisches Sehen" und der alle Figuren einschliessende grosse Ring so aufeinander: Ganz vorn befinden sich der grosse Ring, die angegebenen Worte der Inschrift und der Ring 7; es folgen dann der Reihe nach die Ringe 6, 5, 1, 4, 2, 3 und 8.

Wir gehen nunmehr zu den einzelnen Gruppen selbst über.

Entsprechend den in den beiden Abschnitten 2 und 4 gemachten Ausführungen sind nachstehend für jede einzelne Gruppe die Abstände A der Komponenten einer jeden Figur und die Entfernungen E angegeben, in der die Figuren von einem Beobachter, *dessen Augenabstand genau 60 mm beträgt*, gesehen werden. In einer dritten Spalte sind dann noch die „Differenzen" der Abstände für die nach der Tiefe unmittelbar aufeinanderfolgenden Figuren, linear und in Winkelmaass gemessen, mitgetheilt. *Bei allen Tabellen ist die Anordnung getroffen, dass jedesmal diejenige Figur, welche in der Prüfungstafel am weitesten fort vom Beobachter gelegen ist, in der Tabelle an oberster Stelle sich befindet.*

Gruppe 1.

E	Figur	A	Differenzen
5,52 *m*	Punkt	58,37 *mm*	
			0,40 *mm* = 9′ 10″
4,43 „	Dreieck	57,97 „	
			0,43 „ = 9′ 51″
3,66 „	Quadrat	57,54 „	
			0,38 „ = 8′ 42″
3,17 „	Ring	57,16 „	

Gruppe 2.

Die Gruppe 2 ist im Wesentlichen eine Nachbildung von zwei Hrn. Prof. Wolf in Heidelberg gehörigen und mir freundlichst zur Verfügung gestellten photographischen *Saturnaufnahmen* vom 9. bezw. vom 10. Juni 1899. Als Basis für die stereoskopische Betrachtung ist also hier — abgesehen von den Eigenbewegungen des Saturn und seiner Monde — der von der Erde an einem Tage zurückgelegte Theil der Erdbahn anzusehen. Der so erhaltene Abstand der beiden Augen genügt, wie

Augenabstand A und für den angenommenen Grenzwerth der Tiefenunterscheidung $\delta = 30$ Sekunden zu 410 bis 480 *m* berechnet. Mit Hülfe der genannten Formel kann sich Jeder die den betreffenden Entfernungen E zugehörigen Werthe dE leicht selbst ausrechnen.

man sicht, um den Saturn mit seinen Monden *freischwebend im Raume, vor der dahinter liegenden Fixsternebene* erscheinen zu lassen. Ein aus zwei Abdrücken der Wolf'schen Platten zusammengesetztes Stereoskopbild wurde bereits im Herbst vorigen Jahres auf der Astronomen-Versammlung in Heidelberg in einem gewöhnlichen Stereoskop vorgezeigt.

E	Figur	*A*	Differenzen
412 *m* (∞)	Fixsterne	60,00 *mm*	
			0,81 *mm* = 18' 34"
11,1 *m*	3. Mond	59,19 „	
			0,41 „ = 9' 24"
7,37 „	2. Mond	58,78 „	
			0,34 „ = 7' 47"
5,77 „	Saturn und die beiden Messringe	58,44 „	
			0,06 „ = 1' 22"
5,56 „	1. Mond	58,38 „	
			0,97 „ = 22' 31"
3,47 „	Umhüllungsring	57,41 „	

Die beiden den Saturn umgebenden Ringe haben selbstverständlich mit den eigentlichen Saturnringen nichts zu thun. Sie dienen im stereoskopischen Komparator (siehe unter 1. *S. 250*) als *Messmarken* nach dem Prinzip der „wandernden Marke" und sind hier nur auf die gleiche Entfernung mit dem Saturn eingestellt.

Bezüglich des Aussehens des Fixsternhimmels in Gruppe 2 und des Fixsternhimmels auf den Wolf'schen Platten vergleiche man die an früherer Stelle (unter 3. *S. 251*) gemachten Ausführungen.

Gruppe 3.

E	Figur	*A*	Differenz
4,89 *m*	Ring im oberen Halbkreis	58,16 *mm*	
			0,51 *mm* = 11' 41"
3,83 „	Quadrat	57,65 „	
			0,08 „ = 1' 50"
3,70 „	Kreuzchen	57,57 „	
			0,03 „ = 0' 41"
3,66 „	Aussenring	57,54 „	
			0,14 „ = 3' 20"
3,46 „	Ring im unteren Halbkreis	57,40 „	

Ueber die Radienvektoren ist Folgendes zu bemerken. In einer Ebene mit dem Aussenring befinden sich die beiden nach unten gerichteten Radienvektoren und der horizontale Durchmesser.

Dagegen haben die beiden nach oben gerichteten Radienvektoren mit dieser Ebene nur den Durchschnittspunkt gemein. Von hier aus verlaufen sie divergirend in die Ferne. Sie gehen hierbei durch den im oberen Halbkreis befindlichen, weit zurückliegenden, Ring derart hindurch, dass dieser an den beiden Geraden zu hängen scheint[1]).

Gruppe 4.

Die Gruppe 4 veranschaulicht die Verwendbarkeit des stereoskopischen Beobachtungsverfahrens für *Maassstabvergleichungen.* Der Maassstab links hat genau äqui-

[1]) Die Erscheinung der beiden in die Ferne verlaufenden Radienvektoren ist einer anderen nachgebildet, die man erhält, wenn man eine kreisförmig gedrehte und lackirte Metallfläche, etwa den Deckel einer Objektivkapsel, in die deutliche Sehweite hält und die auf dieser Fläche auftretenden *Reflexspuren* punktförmiger Lichtquellen *mit beiden Augen* betrachtet. Diese Reflexspuren erscheinen alsdann losgelöst von der Metallfläche als körperliche, frei in der Luft schwebende Geraden, die zum Theil vor, zum Theil hinter der Metallfläche gelegen sind, aber stets durch den Mittelpunkt der gedrehten Fläche hindurch gehen. Ihre Richtung hängt von der relativen Stellung des Beobachters zur Metallfläche bezw. zur Lichtquelle ab. In obiger Gruppe 3 ist nur der *hinter* der Fläche gelegene Theil solcher Reflexspuren gezeichnet.

distante Striche und dient als Normalmaassstab, der Maassstab rechts ist mit Fehlern behaftet und soll mit dem Normalmaassstab verglichen werden. Die Fehler betragen für die einzelnen Striche — letztere von links nach rechts mit den Zahlen 1 bis 11 beziffert — in Millimeter gemessen:

Strich	1	2	3	4	5 lang	6	7	8	9	10 lang	11
Fehler	± 0	± 0	+ 0,065	+ 0,041	+ 0,024	+ 0,073	± 0	+ 0,024	+ 0,041	— 0,057	+ 0,032

Beim stereoskopischen Vergleiche treten diese Fehler ohne Weiteres als Tiefenunterschiede in die Erscheinung. Insonderheit befinden sich die beiden Striche 1 und 2 in der gleichen Entfernung, 3 tritt stark zurück, 4 wieder etwas vor, 5 (der längere Strich) noch etwas mehr vor, 6 wieder stark zurück u. s. w. In der nachstehenden Fig. 2 ist diese Tiefenfolge durch eine Reihe von Punkten veranschaulicht, eine Darstellung, die auch im Nachstehenden wiederholt angewandt wird und die so zu verstehen ist, dass die Lage eines Punktes *oberhalb* bezw. *unterhalb* der horizontalen Geraden ein *Zurücktreten* bezw. *Vortreten* des betreffenden Striches aus der durch den 1. und 7. Strich gelegten Ebene bedeutet.

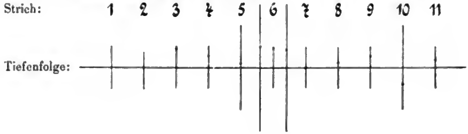


Fig. 2.

In Winkelmaass betragen die Tiefen-*Unterschiede* der auf einander folgenden Striche:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	± 0	1,5′	0,6′	0,4′	1,1′	1,7′	0,6′	0,4′	2,2′	2,0′

Die Ausmessung der Tiefenunterschiede und damit die Bestimmung der Fehlerwerthe jedes einzelnen Striches erfolgt, wie bei den Sternaufnahmen, mit Hülfe des Stereo-Komparators und der „wandernden Marke", als welche hier vortheilhaft der in Gruppe 4 gezeichnete Doppelfaden Verwendung findet: Der Doppelfaden wird mit dem zu messenden Strich in die gleiche Entfernung gebracht.

In Gruppe 4 befinden sich nach den übereinstimmenden Angaben mehrerer, im stereoskopischen Sehen besonders geübter Beobachter die beiden Messfäden nicht genau in der gleichen Entfernung mit dem Strich 6, sondern haben die in obiger Fig. 2 angegebene Lage. Die Tiefenunterschiede dieser 3 Striche dürften nur einzelne Sekunden betragen.

Wir verzeichnen noch die folgenden Werthe:

E	Figur	*A*	Differenz
3,42 *m*	Maassstab (Strich 1, 2 und 7)	57,37 *mm*	0,13 *mm* = 2′ 58″
3,26 „	Umhüllungsring (Blende im Gesichtsfeld)	57,24 „	

Die Inschrift.

Die Tiefenunterschiede zwischen den einzelnen Worten der Inschrift sind ohne Weiteres ersichtlich. Die Worte „Prüfungstafel für stereoskopisches Sehen“ stehen ganz im Vordergrund und befinden sich sehr nahe in der gleichen Entfernung mit dem grossen Ringe. Ganz zurück tritt die oberste Zeile mit „Carl Zeiss, Jena.“ — im Einzelnen vgl. weiter unten — desgleichen die unterste Zeile in vier gleichen Absätzen mit „Mess. 48. III. 1901.“

Die Tiefenunterschiede der Buchstaben innerhalb jedes einzelnen Wortes der Inschrift sind durch seitliche Verrückungen der Buchstaben bewirkt und von angenähert der gleichen Grössenordnung wie die der Striche des Maassstabes in Gruppe 4.

Wir beschränken uns hier auf die Wiedergabe der Tiefenfolge der Buchstaben unter Benutzung der oben erläuterten Darstellungsweise.

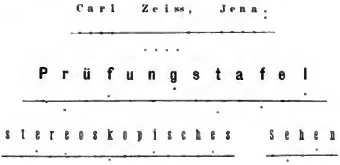


Fig. 3.

Wir erinnern noch an dieser Stelle an die bekannte stereoskopische Vergleichung von Druckschriften zum Zwecke der Unterscheidung von Neudruck und Stereotypdruck, an die stereoskopische Prüfung von Geldscheinen, Münzen u. dgl.

Gruppe 5.

E	Figur	Δ	Differenz
3,63 *m*	5 Striche rechts	57,52 *mm*	
3,42 „	9 Striche in der Mitte	57,37 „	0,15 *mm* = 3′ 26″
3,17 „	5 Striche links	57,16 „	0,21 „ = 4′ 49″
3,04 „	Umhüllungsring	57,04 „	0,12 „ = 2′ 45″

Die Tiefenunterschiede zwischen den drei Strichsystemen sind für jeden Beobachter leicht erkennbar.

Dagegen bewegen sich die Tiefenunterschiede der Striche eines jeden der drei Strichsysteme wiederum in der Nähe der Grenzen der Tiefenunterscheidung. Wir verzeichnen für diese Tiefenfolge auf Grund der übereinstimmenden Angaben guter Beobachter und in der obigen Darstellung wie folgt:



Fig. 4.

Am auffälligsten ist der Unterschied in dem Verhalten der beiden Strichsysteme links und rechts: links tritt die Mitte zurück, rechts vor. Wer diesen Unterschied nur eben noch erkennen kann, dürfte über ein Tiefenunterscheidungsvermögen von kaum mehr als 1 bis $1^1/_2{}'$ verfügen. Die Erkennung der Anordnung der Striche im Einzelnen — links stehen die Striche etwas unregelmässig, nahezu dachartig, rechts

in grosser Regelmässigkeit auf einem Zylindermantel — verlangt schon ein erheblich besseres Unterscheidungsvermögen. Die relativ kleinsten Tiefenunterschiede sind, wenn man von dem weit zurücktretenden zweiten kräftigen Strich absieht, in der mittleren Gruppe vorhanden. Ihre Auflösung nach der Tiefe dürfte ebenfalls nur Personen mit gutem stereoskopischen Sehvermögen gelingen.

Gruppe 6.

Wir bezeichnen die innerhalb des Umhüllungsringes gelegenen Kreise *der Grösse nach* mit 1, 2, 3 und 4 und erhalten:

E	Figur	*A*	Differenz
4,43 *m*	2. Kreis	57,97 *mm*	
			0,40 *mm* = 9′ 10″
3,70 „	3. Kreis	57,57 „	
			0,64 „ = 14′ 40″
2,93 „	1. (grösster) Kreis	56,93 „	
			0,16 „ = 3′ 40″
2,79 „	Umhüllungsring	56,77 „	
			0,25 „ = 5′ 42″
2,59 „	4. (kleinster) Kreis	56,52 „	

Gruppe 7.

In Gruppe 7 sind vorzugsweise solche Erscheinungen wiedergegeben, welche im stereoskopischen Entfernungsmesser beobachtet werden. Der Ring stellt die in der Bildfeldebene des Doppelfernrohres angebrachte, das Gesichtsfeld begrenzende Blende dar, durch welche man wie durch ein Fenster auf die Landschaft hinausschaut Objekte der Landschaft sind hier das Doppelkreuz, der Thurm mit Kreuz und die Fahne. Die übrigen, zum Theil über, zum Theil zwischen diesen Objekten, frei in der Luft schwebenden Figuren sind als die im Entfernungsmesser angebrachten und beim stereoskopischen Sehen in den Raum hinaus projizirten künstlichen Marken anzusehen, deren Entfernungen als bekannt vorausgesetzt und mit denen die Entfernungen der Objekte der Landschaft verglichen werden.

Die Anbringung einer *geradlinig* und in *perspektivischer Anordnung* in die Tiefe führenden *Markenreihe* ist hier angesichts des Zweckes der Tafel absichtlich vermieden. Ebenso ist die Form jeder einzelnen Marke verschieden gehalten. Besondere Erwähnung verdient die über dem Doppelkreuz schwebende Pfeilspitze. Des Näheren sei dieserhalb auf meinen Aufsatz im letzten Heft dieser Zeitschrift verwiesen.

Die Tiefenfolge der in Gruppe 7 vereinigten Figuren verzeichnen wir wie folgt:

E	Figur	*A*	Differenz
4,89 *m*	Rechteck } über dem einfachen Kreuz	58,16 *mm*	
			0,02 *mm* = 0′ 28″
4,84 „	Dreieck } über dem einfachen Kreuz	58,14 „	
			0,08 „ = 1′ 50″
4,64 „	Thurm mit Kreuz und Ring links daneben	58,06 „	
			0,43 „ = 9′ 51″
3,80 „	schwarzes Rechteck	57,63 „	
			0,19 „ = 4′ 21″
3,52 „	Fahne	57,44 „	
			0,07 „ = 1′ 36″
3,42 „	schwarzer Kreis	57,37 „	
			0,11 „ = 2′ 31″
3,29 „	schwarzes Dreieck	57,26 „	
			0,50 „ = 11′ 27″
2,78 „	Doppelkreuz und Pfeilspitze	56,76 „	
			0,82 „ = 18′ 47″
2,22 „	Ring 7	55,94 „	

Der Ring 7 liegt nicht genau parallel zur Ebene des grossen, alle Gruppen einschliessenden Ringes, der Rand rechts unten steht zurück, der Rand links oben tritt vor.

Gruppe 8.

In Gruppe 8 ist der Einfluss einer *fehlerhaften Höheneinstellung* der Marken[1]) im stereoskopischen Entfernungsmesser vor Augen geführt. Die rechts neben der Kirchthurmspitze befindliche Dreiecksmarke befindet sich nicht, wie es sein soll, und wie es mit der links neben dem Kreuz befindlichen Dreiecksmarke der Fall ist, in genau der gleichen Höhe mit dem Kreuz, sondern ist im rechten Bildfeld erheblich höher gelegen als im linken Bildfeld. In Folge dessen hat man bei dieser Marke nicht den gleichen ungestörten stereoskopischen Effekt wie bei den übrigen Figuren. Aber man sieht auch, dass der Einfluss selbst dieses relativ starken Höhenfehlers auf die Richtigkeit der Messung nur ein geringer ist: Beide Marken erscheinen angenähert in der gleichen Entfernung mit dem Thurm. Endlich verzeichnen wir noch:

E	Figur	Δ	Differenz
7,44 *m*	Kirchthurm und die beiden Dreiecke	58,79 *mm*	1,22 *mm* = 27' 58"
3,70 „	Ring	57,57 „	

6. *Nochmals die Grenzen der Tiefenunterscheidung.* In meinem Vortrag über den stereoskopischen Entfernungsmesser hatte ich angegeben, dass der bekannte von Helmholtz für den Grenzwerth der Tiefenunterscheidung gefundene Werth im Betrage von 1 Minute jetzt nicht mehr als zutreffend angesehen werden könne, da bei den in Jena neu ausgeführten Versuchen sich herausgestellt hatte, dass normalsichtige Personen im Allgemeinen ein viel feineres Tiefenunterscheidungsvermögen besitzen und dass insonderheit solche Personen, welche recht scharfe Augen haben und diese bei ihrer täglichen Beschäftigung in *gleichmässiger* Uebung haben erhalten können, noch sicher Tiefenunterschiede *bis zu 10 Sekunden im freien Sehen und noch weniger* als solche erkennen. Diese Angaben sind später vom physiologischen Standpunkte aus durch die Arbeiten der Hrn. E. Hering[2]) und L. Heine[3]) bestätigt worden. Im Einklang stehen ferner damit die diesbezüglichen Versuche des Hrn. Dr. Hecker in Potsdam[4]) und die am stereoskopischen Entfernungsmesser selbst immer wieder gemachten Erfahrungen.

Ich darf hierbei nicht unerwähnt lassen, dass Hr. Dr. Wächter in Wien[5]) auf Grund der von ihm vorgenommenen Versuche über die Grenzen des telestereoskopischen Sehens zu ganz entgegengesetzten Resultaten gelangt ist. Die von ihm gefundenen Grenzwerthe der Tiefenunterscheidung sind meist grösser als die von Helmholtz angegebenen und reichen in einzelnen Fällen bis zu $3^1/_2$ Minuten im freien Sehen. Ich kann diesen Resultaten deshalb keinerlei Bedeutung beimessen, weil die von Hrn. Wächter benutzte Versuchsanordnung, Betrachtung eines Würfels

[1]) Man vergleiche die diesbezüglichen Ausführungen in meinem Vortrage *a. a. O. S. 5* und in der Gebrauchsanweisung für den Entfernungsmesser.

[2]) E. Hering, Ueber die Grenzen der Sehschärfe. *Ber. d. mathem.-phys. Klasse d. Kgl. Sächs. Gesellsch. d. Wissensch. Leipzig 1899.*

[3]) L. Heine, Sehschärfe und Tiefenwahrnehmung. *v. Graefe's Archiv f. Ophthalmologie* **51.** *S. 146. 1900.*

[4]) O. Hecker, Ueber die Beurtheilung der Raumtiefe und den stereoskopischen Entfernungsmesser von Zeiss-Jena. *Zeitschr. f. Vermess.* **30.** *S. 65. 1901.*

[5]) F. Wächter, Ueber die Grenzen des telestereoskopischen Sehens. *Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss., Wien* **105,** *II. 1896.* Wegen einer späteren Arbeit desselben Verfassers über den stereoskopischen Entfernungsmesser siehe *Mitth. üb. Gegenstände d. Artillerie- und Genie-Wesens, Wien 1898. S. 308.*

mit nahezu senkrecht zur Blickrichtung gelegener Vorderfläche, meines Erachtens nicht ganz einwandsfrei ist. Indem Hr. Wächter den Kopf soweit nach rechts oder nach links verschiebt, bis die rechte Seite des Würfels dem rechten Auge bezw. die linke Seite dem linken Auge als solche erscheint, erhält er die Raumvorstellung des Würfels weniger durch das stereoskopische Sehen, als vielmehr durch die bereits vorhandene Erfahrung, dass der angeschaute Körper ein Würfel ist. Denn das stereoskopische Sehen verlangt, dass man das betreffende Objekt nicht mit *einem* Auge, sondern mit *beiden* Augen gleichzeitig erblickt. Die von Hrn. Dr. Wächter mitgetheilten Zahlenwerthe bedeuten daher nichts mehr und nichts weniger als die Grösse des Sehwinkels, unter dem die Seitenfläche eines Würfels aus einem bestimmten Material, von einer bestimmten Farbe und vor einem bestimmten Hintergrunde von dem Auge des Beobachters in der oben bezeichneten Stellung des Kopfes gesehen wird. Mit dem Grenzwerth der Tiefenunterscheidung aber haben diese Werthe nichts zu thun.

Vielleicht hat es gerade mit Rücksicht auf die Wächter'sche Arbeit einiges Interesse, die bei meinen eigenen Versuchen gewählte Versuchsanordnung, über die bisher noch keine Veröffentlichung erfolgt ist, mit einigen Worten zu erläutern. Ich hatte dies bisher unterlassen, weil ich die Absicht hatte, jene Fundamentalversuche noch weiter fortzusetzen, insonderheit zum Zwecke der Aufklärung der Beziehungen zwischen dem Grenzwerthe der stereoskopischen Tiefenunterscheidung und der Sehschärfe im einäugigen und zweiäugigen Sehen, auf die Hr. E. Hering in seiner oben angeführten Arbeit ebenfalls hingewiesen hat. Vielleicht lässt sich ein Anderer die Fortsetzung dieser Versuche mehr angelegen sein, als mir jetzt und für die nächste Zeit möglich ist.

Ich benutzte bei meinen damaligen Versuchen eine mit Hrn. Prof. Abbe vorher vereinbarte Versuchsanordnung, die im Wesentlichen auf eine Nachbildung der von Helmholtz angewandten hinaus läuft. Vor einer gleichmässig beleuchteten Wand eines etwa 9 *m* langen Zimmers war ein Tisch mit einem auf der Tischplatte verschiebbaren und schlittenartig gelagerten kräftigen Lineal aufgestellt. Das Lineal sowohl wie die Tischplatte waren mit einer Reihe von Löchern zum Einstecken von Holzstäben, Glasstäben u. dgl. versehen. Die Verschiebungsrichtung des Lineals war dem etwa 8 *m* vom Tisch entfernt sitzenden Beobachter, der auf seine Fähigkeit des stereoskopischen Sehens geprüft werden sollte, zugewandt. Die Verschiebung des Lineals, vorwärts und rückwärts, wurde vom Beobachter selbst mit Hülfe einer über Rollen geleiteten Schnur vorgenommen. Es wurden nun jedesmal zwei Stäbe nebeneinander bezw. hintereinander aufgestellt, der eine Stab kam in eines der Löcher auf dem Tisch, der andere in eines der Löcher in dem Lineal zu stehen, und der Beobachter hatte dann nach Beseitigung eines Schirmes, der die am Tisch vorgenommenen Manipulationen seinen Augen entzog, die Aufgabe, bei vollständig ruhig gehaltenem Kopfe — eine Kopfstütze war vorgesehen — die Stäbe in die gleiche Entfernung zu bringen. Nach erfolgter Einstellung wurde der Tiefenunterschied der Stäbe an der mit der Schlittenführung verbundenen Theilung abgelesen, die Stellung der Stäbe und des Lineals geändert und der Beobachter zur erneuten Einstellung der Stäbe auf gleiche Entfernung aufgefordert. Aus einer solchen Reihe von Beobachtungen, bei denen der seitliche Abstand der beiden Stäbe unverändert gelassen wurde, erhielt man dann ein deutliches Bild über die bei dem betreffenden Beobachter vorhandene Fähigkeit der Tiefenunterscheidung. Noch zu bemerken ist, dass dem Beobachter jeder andere Anhalt für die Beurtheilung der Tiefenfolge der Stäbe dadurch genommen war, dass unmittelbar vor dem Tisch ein Pappschirm mit einer quadratischen

Durchblicköffnung angebracht war, sodass der Beobachter von seinem Platze aus weder die Enden der Stäbe noch die Schlittenführung zu sehen vermochte. Auch wurden die Stäbe öfters miteinander vertauscht bezw. durch solche mit anderem Querschnitt und anderem Aussehen ersetzt. Das Ergebniss dieser Untersuchungen war nicht nur die genaue Kenntniss der Grösse des Grenzwerthes der Tiefenunterscheidung, sondern auch das in meinem Vortrag über den Entfernungsmesser angegebene Resultat, dass nämlich die für je einen Beobachter erzielte äusserste Grenze der Genauigkeit der Messung so gut wie unabhängig ist von der Art und dem Aussehen der anvisirten Objekte. Auch der andere für den Gebrauch des stereoskopischen Entfernungsmessers wichtige Umstand, dass die Tiefenfolge zweier Objekte um so deutlicher als solche erkannt wird, je näher die beiden Objekte neben- bezw. übereinander gelegen sind, wurde bei jenen Fundamentalversuchen bereits klargestellt. Uebrigens bietet die Prüfungstafel Jedem reichlich Gelegenheit, sich über den Einfluss der Grösse des seitlichen Abstandes zweier Objekte auf die Beurtheilung der Tiefenfolge näher zu orientiren. Die Kontrole ist gegeben in den in den obigen Tabellen mitgetheilten Zahlenwerthen für *E*.

Ueber die übrigen von uns angestellten Versuche zur Ermittelung des Grenzwerthes der Tiefenunterscheidung will ich kurz hinweggehen. Sie bestätigen sämmtlich das Gesagte. Dahin gehören insonderheit die Versuche mit dem bereits im vorigen Heft dieser Zeitschrift beschriebenen Stereoskopapparat ohne Linsen, die Versuche mit Diapositivbildern und wandernder Marke in einem Linsen-Stereoskop, die Versuche mit zwei nebeneinander gelagerten Fernrohren und wandernder Marke in der Bildfeldebene des Fernrohrs und nicht in letzter Linie die Beobachtungen an den von Hrn. Prof. Abbe entworfenen Strichsystemen, eingeätzt in Glas, über welche Hr. Prof. Hering *a. a. O.* eingehend berichtet hat und die sich in nahezu der gleichen Anordnung in Gruppe 5 der vorliegenden Prüfungstafel wiederfinden.

Jena, im August 1901.

Augenabstandsmesser.

Von
E. Dönitz.
(Mittheilung aus der optischen Werkstaette von Carl Zeiss in Jena.)

Zur Konstruktion von Augenabstandsmessern wurden wir ursprünglich veranlasst durch den Wunsch, den Abnehmern unserer Feldstecher, Relief-Fernrohre und stereoskopischen Entfernungsmesser das Einstellen des Okularabstandes auf das Maass ihres persönlichen Augenabstandes zu erleichtern. Hatten wir schon früher zu demselben Zweck an jedem dieser Instrumente eine Skale angebracht, die den jeweiligen Okularabstand in Millimeter angiebt, so blieb sein Eigenthümer doch darauf angewiesen, einmal wenigstens den richtigen Abstand durch den Gebrauch auszuprobiren. Wer dies zufällig vornahm bei einem Helligkeitsgrade des Fernrohrbildes, der den Pupillen denselben Durchmesser verlieh, den die Austrittspupillen des Fernrohrs haben, dem mochte es wohl so ziemlich gelingen. Denn in diesem Falle musste, sobald beim Verstellen des Okularabstandes Austritts- und Augenpupillen sich zu decken anfhörten, auch eine Abnahme der Helligkeit der Netzhautbilder sich bemerkbar machen. Dagegen gerieth die Anpassung des Okularabstandes an den Augenabstand meist recht falsch unter Umständen, wo die Augenpupillen viel kleiner oder viel grösser waren als die Instrumentspupillen. Alsdann ist gerade bei guten

Fernrohren, bei denen die Lichtintensität in den Austrittspupillen nach dem Rande zu nur wenig abnimmt, ein Unterschied in der Helligkeit kaum wahrnehmbar, mögen die beiderlei Pupillen konzentrisch liegen oder so sehr exzentrisch, dass ihre Ränder sich berühren. Der letztere Fall ist in Fig. 1 bei a_1 und a_2 für zu kleine Augenpupillen (zu grelle Beleuchtung), bei b_1 und b_2 für zu grosse Augenpupillen (zu schwache Beleuchtung) dargestellt. Bei derart exzentrischer Lage der Okulare zu den Augen entging aber dem Einsteller, sobald einmal unter andern Beleuchtungsverhältnissen seine Pupillenweite dem Durchmesser der Austrittspupillen nahe kam, ein Theil der verfügbaren Lichtstärke seines Instruments (vgl. die Diagramme a_1', a_2' und b_1', b_2' in Fig. 1). Es galt also, den Käufer eines Doppelfernrohrs in den Stand zu setzen, bei jeder beliebigen Grösse seiner Pupillen eine zuverlässige Bestimmung des passenden Okularabstandes vorzunehmen. Dies schien, weil das Fernrohr bereits mit einer Skale der Okularabstände ausgestattet war, am ehesten indirekt erreichbar durch Messen des Augenabstandes mit einem besondern Instrumentchen.

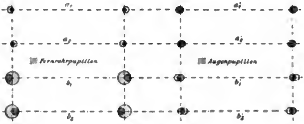


Fig. 1.

Nach einem bekannten Verfahren ermittelt man den Abstand zwischen den Mitten seiner beiden Augen dadurch, dass man in einen Spiegel sehend eine Schublehre oder einen Zirkel mit den Spitzen auf die Mitten der Pupillen einstellt oder dass man an einem dicht unter die Augen gehaltenen Maassstab ebenfalls mit Hülfe eines Spiegels die betreffende Entfernung unmittelbar abliest. Danach würde ein Augenabstandsmesser zum Selbstgebrauch in seiner einfachsten Form zu bestehen haben aus einem Spiegel und einem Maassstab, beide in geeigneter Lage miteinander verbunden. Eine ähnliche Vorrichtung, in Form eines nur der Spiegelwand gegenüber offenen Kästchens, aber mit zwei verschiebbaren Marken an Stelle des im Spiegel ablesbaren Maassstabes, ist bereits von Zehender angegeben worden.

Die nähere praktische Prüfung des erwähnten Verfahrens zeigt aber, dass bei vielen Personen zwischen den wiederholten Messungen sich Unterschiede von 1 bis 4 *mm* ergeben. Eine Betrachtung der Fig. 2 wird lehren, dass die Messung zwar den wirklichen Abstand zwischen den Pupillenmittelpunkten der geradeaus in die Ferne gerichteten Augen liefern kann, aber auch den einen oder andern von zwei zu *niedrigen* Werthen, deren Fehler sich wie 1 : 2 verhalten und mit dem Augenabstand und der Entfernung des Maassstabes von den Augen wachsen, mit zunehmender Entfernung der Augen vom Spiegel aber abnehmen, bei Weitsichtigen also kleiner sind als bei Kurzsichtigen.

Fig. 2 zeigt die Stellung der beiden Augen, wenn über den Maassstab weg nach dem Mittelpunkt des Spiegelbildes der linken Pupille visirt wird. Schliesst man das rechte Auge, so kann aus der Anordnung selbst ein merklicher Fehler bei der Ablesung nicht entstehen, wenn nur Maassstab und Spiegel der Verbindungslinie der Augendrehpunkte parallel sind, denn dann ist auch die Gesichtslinie des visirenden Auges der Medianebene parallel und senkrecht zum Maassstab.

Streng parallel zur Medianebene ist allerdings diese (in Fig. 2 linke) Gesichtslinie, also die durch das Zentrum der Netzhautgrube und den (*einfach* gedachten) Knotenpunkt des Auges gelegte Gerade, nur dann, wenn sie durch den Pupillenmittelpunkt geht, da dessen in demselben Abstand von der Medianebene befindliches

Spiegelbild der Fixirungspunkt ist. In der That weicht ja der Pupillenmittelpunkt nach derselben Seite (nach der Nase hin) von der Augenachse ab wie die Gesichtslinie. Seine Abweichung mag aber geringer sein, und hier sei als der ungünstigste Fall der betrachtet, dass sie Null ist, die Pupille also konzentrisch zur Augenachse liegt. Dann hat der Durchtrittspunkt der Gesichtslinie durch die Pupillarebene einen Abstand von der Augenachse nach der Nase hin gleich etwa $^1/_2$ *mm*. Um angenähert denselben Betrag würde die Gesichtslinie zwischen dem Auge und seinem Bilde sich weiter von der Medianebene entfernen, auf der ungefähr nur $^1/_{25}$ so langen Strecke zwischen dem Maassstabbild und dem Pupillenbild also nur um $^1/_{50}$ *mm*. Um so viel würde der Pupillenabstand an jedem Ende *zu kurz* gemessen werden.

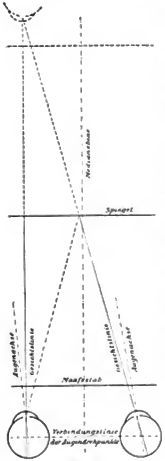


Fig. 2.

Noch ist zu untersuchen, wie gross der Fehler ist, der dadurch in die Messung kommt, dass die Akkommodation eine andere ist wie beim Sehen in die Ferne. Es verringert sich nämlich der Abstand des Pupillenmittelpunktes von der Medianebene, wenn das geradeaus in die Ferne sehende Auge dazu übergeht, einen nahen Punkt von solcher Lage zu fixiren, dass die Gesichtslinie der Medianebene parallel bleibt. Diese Drehung des Auges nach der Nase hin entsteht dadurch, dass die beiden Knotenpunkte längs der Augenachse um $^4/_{10}$ *mm* weiter von der Netzhaut abrücken, und beträgt, als lineare Verschiebung der Pupille gemessen, etwa $^4/_{100}$ *mm*. Um so viel ergiebt sich der Augenabstand an jedem Ende wieder *zu kurz*.

Trotzdem beide Fehler gleich gerichtet sind, bleibt ihre Summe noch tief unter der zulässig erscheinenden Fehlergrösse von $^1/_4$ *mm* für den ganzen Augenabstand. Es muss folglich das zweimalige einäugige Visiren, erst mit dem einen Auge nach dem Pupillenmittelpunkt seines Spiegelbildes, dann mit dem andern Auge nach dem Pupillenmittelpunkt von dessen Spiegelbild, dieselben beiden Maassstabpunkte treffen, als wenn es *gleichzeitig* mit parallel und geradeaus gerichteten Gesichtslinien erfolgte: *die Messung giebt den Abstand zwischen den Pupillenmittelpunkten der geradeaus in die Ferne blickenden Augen.*

Indessen sind bekanntermaassen nur wenige Menschen in der Lage, ein beliebiges ihrer beiden Augen zu schliessen, ohne dass dann die Gebrauchsfähigkeit des andern beeinträchtigt ist. Es wird sich sonach in der Regel um zweiäugige Beobachtung handeln, bei der nun die stereoskopische Parallaxe des Pupillenmittelpunktes in Bezug auf die Maassstabebene (vgl. in Fig. 2 die Lage der Gesichtslinien zu den Spiegelbildern des Maassstabes und des Auges) störend wirkt. Zunächst ist das Visiren so lange überhaupt unmöglich, als die Doppelbilder als *ein* (räumliches) Bild wahrgenommen werden. Bei dem Bestreben zu visiren trennen sich allerdings die beiden Bilder alsbald und das eine verdrängt das andere. Welches von beiden die Oberhand gewinnt, hängt von zufälligen Umständen ab, unter denen ein etwaiger kleiner Unterschied in der Sehkraft der beiden Augen jedenfalls eine Rolle spielt. Wohl kaum jemals hat der Ungeübte die Fähigkeit, willkürlich gerade das Netzhautbild desjenigen Auges zur Geltung zu bringen, das sein eigenes Spiegelbild sieht.

Geschieht dies einmal unwillkürlich bei der linken (Fig. 2) *und* rechten Beobachtung, so wird die Messung richtig, visirt der Messende aber beide Male mit demselben Auge, so ergiebt sich ein bestimmter Fehlbetrag, visirt er beide Male mit dem falschen Auge, nach rechts mit dem linken, nach links mit dem rechten, ein doppelt so grosser Fehlbetrag.

Es liegt nahe, jeden Fehler dadurch auszuschliessen, dass man an dem Spiegelapparat Klappen oder Schieber anbringt und den Messenden damit beim Beobachten des linken Auges das rechte Auge abblenden lässt und umgekehrt. In Einrichtung und Gebrauch weniger umständlich ist die von uns gewählte Abhülfe. Wir lassen den mittleren Spiegeltheil, der dem falschen Auge das Visiren ermöglicht (vgl. Fig. 2), fort oder machen ihn unwirksam entweder durch Ueberdecken oder durch eine an ihn anschliessende, mittlere Scheidewand, ähnlich der bei den gebräuchlichen Stereoskopen. Einen Augenabstandsmesser dieser Art mit überdecktem Spiegelmitteltheil und festem Maassstab zeigt Fig. 3. Er hat die Form eines Kästchens und sein zurück und herunter geklappter Deckel wird als Handhabe benutzt. Man lässt die Pupille des linken Auges auf dem Nullstrich aufsitzen und braucht dann nur rechts eine eigentliche Ablesung auszuführen.



Fig. 3.

Eine andere Möglichkeit, mit Hülfe eines Maassstabes und eines Spiegels den eigenen Augenabstand zu bestimmen, bietet die in Fig. 4 dargestellte Anordnung. Der Maassstab ist den Augen zugewandt und befindet sich jenseits des Spiegels, zweckmässig gerade unter oder (wie in der Figur) über dem Spiegelbild des Auges. Bei dieser von Hrn. Dr. Pulfrich angegebenen Anordnung braucht der mittlere Theil des Spiegels nicht überdeckt zu werden, da sich die Augenspiegelbilder und



Fig. 4.

der Maassstab in gleicher Entfernung von den Augen befinden, also die stereoskopische Parallaxe verschwunden ist, die bisher beim zweiäugigen Beobachten eine Fehlerquelle wurde.

Es lässt sich nun auch bei der zuerst besprochenen Anordnung (Fig. 2 und 3) die stereoskopische Parallaxe auf Null verringern und dadurch jedwede Abblendung des einen Auges beim Beobachten überflüssig machen. Man braucht zu diesem Zweck nur einen Hülfsspiegel hinzuzufügen, der — wie z. B. in der Anordnung nach Fig. 5 — ein Spiegelbild des Maassstabes in der scheinbaren Ebene der beiden Pupillen entwirft, sodass man dieses Spiegelbild zusammen mit den Augen und in derselben Entfernung wie diese in dem Hauptspiegel sieht. Das Spiegelbild eines Maassstabes in die Pupillenebene zu bringen, wurde übrigens schon 1893 von C. Hess[1]) für nahezu denselben Zweck vorgeschlagen, nämlich zum Messen des Augenabstandes durch eine *zweite* Person.

[1]) *Bericht über d. 23. Vers. d. Ophthalmolog. Ges., Heidelberg.*

Der *rechte* Theil von Fig. 5 (vom Maassstab an) giebt zugleich die von Hess angewandten Mittel wieder. Es bietet aber die *vollständige* Anordnung nach dieser Figur, also Maassstab und *zwei* Spiegel, auch für das Verfahren der Pupillenabstandsbestimmung durch einen Zweiten, den Arzt oder Optiker, den Vortheil eines genaueren Ergebnisses. Denn das Hess'sche Verfahren lässt die Schwierigkeit bestehen, die Augen des Prüflings, der gewohnheitsgemäss das Gesicht des Messenden fixirt, also stark konvergent blickt, für die Messung parallel zu richten. Der Unterschied des



Fig. 5.

Pupillenabstandes bei konvergenter und bei paralleler Augenstellung ist nicht gering, er beträgt für ein Augenpaar von 65 *mm* Abstand, bei einer Entfernung des Konvergenzpunktes von 250 *mm*, fast 4 *mm*.

Sieht bei der Einrichtung nach Fig. 5 die zweite Person von links her unter dem Hauptspiegel hinweg nach dem rechts dargestellten Auge des auf Pupillenabstand zu Prüfenden, so erblickt sie unmittelbar unter dessen Pupille das von dem Hülfsspiegel entworfene Bild des Maassstabes. Lässt sie nun den Prüfling in den Hauptspiegel sehen und, bevor sie die Ablesung für eins seiner beiden Augen macht, das Bild dieses Auges fixiren, so ist nach dem früher an Fig. 2 Dargelegten das Messungsergebniss der Pupillenabstand beim Sehen in die Ferne.

Wenn man aber für den Pupillenabstand bei parallel und geradeaus gerichteten Augen ein zuverlässiges Maass in bequemer Weise gewinnen kann, so wäre vielleicht zu erwägen, ob nicht auch der Linsenabstand einer Brille, die zum Sehen in der Nähe (zum Lesen) dienen soll, am besten auf Grund *dieses* Maasses aus einer Tabelle sich entnehmen liesse, bei deren Errechnung von der durchschnittlichen Entfernung der Brillengläser von der Verbindungslinie der Augendrehpunkte auszugehen wäre. Die Rechnung wird noch genauer als erforderlich, wenn man einfach den Linsenabstand dem Augenabstand und dem Unterschied der erwähnten Brillenentfernung von der Objektentfernung direkt, der Objektentfernung aber umgekehrt proportional setzt. Es ergiebt sich dann z. B., die Entfernung zwischen Augendrehpunkt und

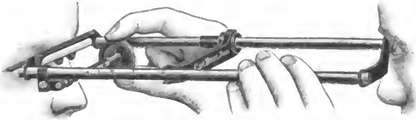


Fig. 6.

Brillenglas zu 24 *mm*, die Objektentfernung zu 300 *mm* angenommen, dass der Linsenabstand einer Lesebrille 46; 55; 64,5; 73,5 *mm* betragen sollte, wenn 50; 60; 70; 80 *mm* als Linsenabstand einer Fernbrille unmittelbar durch den Augenabstandsmesser bestimmt wurde.

Das Schema Fig. 5 haben wir in dem Apparat Fig. 6 verwirklicht, der zwar zum Selbstmessen dienen kann, hauptsächlich aber für den Gebrauch durch Aerzte und Optiker bestimmt ist. Der Hülfsspiegel befindet sich, abweichend von Fig. 5, *über* den Augen, deren Abstand gemessen werden soll. Das den Hauptspiegel tragende,

mittlere Querstück lässt sich auf den Längsstangen des Apparates verschieben, um auch kurz- und weitsichtigen Augen ihre Spiegelbilder in bequeme Sehweite bringen zu können. Der Maassstab ist auf einer zum Hülfsspiegel parallelen Achse (die ihn in Fig. 6 fast ganz verdeckt) schwer drehbar und leicht längsverschieblich montirt.

Beim Gebrauch des Instruments *dreht* zunächst der Messende den Maassstab, an dessen Handrädchen angreifend, bis diejenigen Punkte der Maassstabstriche, die ihm im Hülfsspiegel als deren untere Endpunkte sichtbar werden, in der scheinbaren Ebene der Pupillenränder liegen. Alsdann richtet er das eine Auge des Prüflings geradeaus, indem er ihn die Pupille dieses Auges im Hauptspiegel betrachten lässt, und *verschiebt* darauf mittels des Handrädchens den Maassstab auf seiner Achse, bis der Nullstrich mit seinem unteren Endpunkte senkrecht über dem Pupillenmittelpunkt desselben Auges zu stehen scheint. Der Messende braucht nun nur noch den Prüfling das Spiegelbild der Pupille des andern Auges fixiren zu lassen, wobei sich dieses Auge geradeaus richtet, um durch Ablesen des Maassstabes in Bezug auf den Pupillenmittelpunkt des zweiten Auges bereits die Grösse des Augenabstandes zu gewinnen.

Da der Prüfling über dem Spiegelbild seines Auges ebenfalls den Maassstab gespiegelt sieht, so kann Verschiebung und Ablesung auch durch ihn selbst ausgeführt werden. Um für blosse Selbstmessung dem Selbstmessenden das Drehen des Maassstabes in die Pupillarebene zu ersparen, ist der Hauptspiegel wieder in der Mitte überdeckt. Will aber der Arzt den Patienten die Messung ausführen lassen und sich selbst die gleichzeitige Kontrole ermöglichen, so darf er nicht unterlassen, den Maassstab in die richtige Lage zu drehen, bevor er ihn durch den Patienten verschieben lässt.

Horizontal-Schliff mit Quecksilberverschluss.

Von
Prof. Dr. **Georg W. A. Kahlbaum** in Basel.

Ein Horizontal-Schliff mit Quecksilberverschluss ist ein altes Desideratum der praktischen Physik. Den hier zu beschreibenden Schliff habe ich schon 1899 auf der Naturforscher-Versammlung zu München vorgelegt[1]). Er hat sich seither bewährt; von einer Veröffentlichung wurde bislang abgesehen.

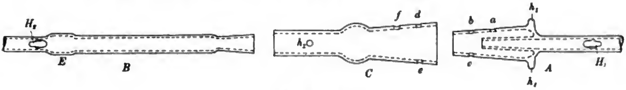


Fig. 1 bis 3.

Die Fig. 1 bis 3 zeigen die einzelnen Theile der Anordnung, Fig. 4 den ganzen Schliff geschlossen.

Der Schliff besteht aus drei Theilen: dem Stempel *A*, der Matrize *B* und dem Hut *C*. Das Stück *A* ist ein Becherschliff meiner Konstruktion[2]), dessen Becher verlängert ist und konisch ausläuft. Derselbe trägt drei Durchbohrungen *a*, *b* und *c*, von denen *b* und *c* in einer Ebene liegen, während *a* weiter nach rechts, der Ansatz-

[1]) *Verhandl. 2. Theil, 1. Hälfte. S. 182. Leipzig 1900.*

[2]) *Diese Zeitschr.* **14.** *S. 21. 1894.*

stelle des Schliffes zu, gerückt ist. Der Hut C ist auf den konischen Becher von A aufgeschliffen. Auch er trägt drei Bohrungen d, e und f, die so angeordnet sind, dass entweder a und b mit d und f oder a mit e und c mit f kommuniziren können. C ist so weit, dass die Matrize B, den Schliff voran, leicht hindurch gesteckt werden kann, bis zu der Erweiterungsstelle E, die etwa den gleichen Durchmesser wie der engere Theil von C hat, mit welchem sie durch einen übergestülpten Gummischlauch G verbunden werden kann.

A und B tragen Haken H_1 und H_2 über die Gummibänder, welche die beiden Theile zusammendrücken, gespannt werden können; die Handhaben h_1 und h_2 erleichtern das Drehen der Theile A und C.

Soll die Anordnung in Wirksamkeit treten, so ist A so zu richten, dass a und b nach oben, c nach unten zeigt; dann wird C über B gestülpt und A fest in B gedrückt. Die Bänder werden über H_1 und H_2 gelegt und darauf C so über A geschoben, dass a und b mit d und f kommuniziren. Durch eine der Oeffnungen wird nun Quecksilber in den den Schliff umgebenden Hohlraum gegossen, während die

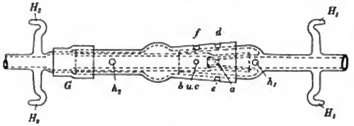


Fig. 4.

Luft zur andern hinaus entweicht. Ist die Füllung vollendet, so wird c um 90° gedreht, sodass nun alle Oeffnungen verschlossen sind (Fig. 4). Will man den Schliff öffnen, so wird um weitere 90° gedreht; dann kommuniziren e mit a und f mit c, durch ea tritt die Luft ein, durch fc fliesst das Quecksilber ab. C muss des bequemeren Drehens wegen gefettet werden, für B ist dies nicht nöthig. Um fester anzudrücken, können auch über h_1 und h_2 Gummibänder gelegt werden. Wird der Schlauch G passend gewählt, so giebt er leicht einen quecksilberdichten Verschluss.

Der beschriebene Schliff wird von Karl Kramer in Freiburg i. B. geliefert.

Basel, am 16. August 1901.

Referate.

Apparat zur Demonstration des Doppler-Fizeau'schen Prinzips.

Von A. Bélopolsky. *Astrophys. Journ.* **13.** *S. 15. 1901.*

Ein solcher Apparat wurde zuerst von Bélopolsky im Jahre 1894 in den *Mem. Spettr. Ital.* **23** und in den *Astron. Nachr. Nr. 3267* angegeben; im Laufe der letzten Jahre hat Bélopolsky diesen Apparat aber erheblich vervollständigt und verbessert, was ihm durch die Gewährung der dazu nöthigen Mittel aus dem *„Elisabeth Thompson Science Fund"* ermöglicht wurde.

Der Grundgedanke, auf dem die Konstruktion des Apparates beruht, ist der folgende. Wenn die von einer Lichtquelle L (Fig. 1) ausgehenden Strahlen an zwei nahezu parallel zu einander stehenden Spiegeln ss, deren Distanz x sein mag, reflektirt werden, so wird der von dem Licht nach n-maliger Reflexion zurückgelegte Weg sein

$$s = h + 2\,n\,x + l,$$

wenn h die Distanz der Lichtquelle von einer in der Mitte zwischen beiden Spiegeln gelegenen Ebene und l diejenige des Auges von dieser Ebene ist. Denkt man sich jetzt die

beiden Spiegel in Bewegung, sodass sich ihr gegenseitiger Abstand gleichmässig verändert, so kann man den Ausdruck für s nach der Zeit differenziren und erhält

$$\frac{ds}{dt} = 2n\frac{dx}{dt},$$

woraus hervorgeht, dass schon bei einer kleinen linearen Bewegung der Spiegel doch der zurückgelegte Weg des Lichtstrahles um das $2n$-fache der Distanzänderung der Spiegel sich ändert. Bewegen sich also z. B. die Spiegel in der Sekunde um 50 *m*, so wird der Weg des Lichtstrahles bei 10 Reflexionen schon um $2 \cdot 10 \cdot 50 = 1000$ *m* in der Sekunde verändert.

Die Verschiebung einer von homogenem Licht hervorgebrachten Linie würde also demnach wahrnehmbar zu machen sein.

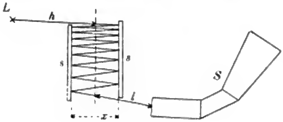


Fig. 1.

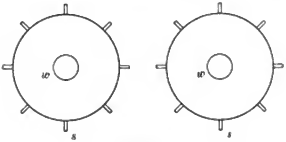


Fig. 2.

Bezeichnet λ_0 die normale Wellenlänge eines gewissen Lichtstrahles und λ_1 die durch Reflexion an den bewegten Spiegeln veränderte, so würde sein

$$\lambda_1 = \lambda_0\left(1 \pm \frac{2v}{V}\cos\psi\right),$$

wenn v die relative Geschwindigkeit der Spiegel, V die Lichtgeschwindigkeit und ψ der Neigungswinkel der beiden Spiegelflächen gegeneinander ist. Findet eine n-malige Reflexion statt, so geht dieser Ausdruck über in

$$\lambda_n = \lambda_0\left(1 \pm \frac{2nv}{V}\cos\psi\right).$$

Das Doppelzeichen entspricht einer gegenseitigen Annäherung bezw. einer Entfernung der beiden Spiegelflächen von einander. Mit Zugrundelegung dieser Betrachtung hat Verf. seinen Apparat eingerichtet.

Zwei Wellen $w\,w$ (Fig. 2) tragen nach Art der Wasserräder je 8 Spiegel s von $20 \times 105 \times 3$ *mm* Ausdehnung, sie sind 250 *mm* im Mittel von der Achse entfernt. Die beiden Wellen stehen sich nahezu parallel gegenüber und sind so durch Zahnräder mit einander verbunden, dass sich im gleichen Moment je zwei Spiegel auch nahe parallel gegenüber stehen. Diese Räder können durch Elektromotoren bewegt werden, von denen zwei, je einer an beiden Enden der Achse, mit jeder Welle verbunden sind. Sie können die Räder nach beiden Richtungen drehen, sodass sich einmal die Spiegel einander nähern, das andere Mal von einander entfernen. Findet die Parallelstellung der Spiegel statt, so wird also ein Lichtstrahl, der auf den einen derselben fällt, nach einer bestimmten Anzahl (n) Reflexionen auf den Spalt des Spektroskops treffen, wenn die Richtung des Strahles und die Stellung der Spiegel so gewählt ist, dass er an dem ersten Spiegel und nach n Reflexionen auch wieder am zweiten Spiegel vorbei gehen kann.

Der ganze Apparat ist auf einer schweren Eisenplatte montirt, welche auf einem hölzernen Stativ ruht. Ein ganz einfacher Heliostat sorgt für die Konstanz der Richtung der einfallenden Sonnenstrahlen, welche vor dem Auftreffen auf die Spiegel durch einen Spalt von 10×20 *mm* Oeffnung gehen. Da die Helligkeit des einfallenden Strahles durch die vielen Reflexionen an den rotirenden Spiegeln sehr schnell abnimmt, ist die Anwendung eines recht lichtstarken Spektrographen (S in Fig. 1) nöthig. Zur Verwendung gelangten bei dem vom Verf. zunächst benutzten Apparat drei Rutherford'sche Prismen, welche auf das Minimum der Ablenkung für $\lambda = 433$ eingestellt waren und in einer eisernen Fassung sich

befanden, an die sich einerseits ein Kollimator von 1,5 *m* Brennweite und andererseits eine Kamera von 1,75 *m* Objektiv-Brennweite ansetzten. Der Spalt des Kollimators steht etwa 1 *m* von den Spiegeln ab und jede Hälfte des Spaltes kann vermöge einer besonderen Einrichtung für sich benutzt werden; ausserdem ist vor dem Spalt des Kollimators noch eine Zylinderlinse zur Kondensation des einfallenden Strahlenbündels zu einem schmalen Streifen zwischen geschaltet. Die richtige Lage dieses Lichtstreifens auf dem Spalt kann mittels des Bildes, welches die von der ersten Fläche der Prismen reflektirten Strahlen bilden, beobachtet werden. Zur Kontrole der Zentrirung des Lichtstrahles ist das Kollimator-Objektiv mit einem Diaphragma bedeckt, auf welchem man das einfallende Strahlenbündel in seinen äusseren Grenzen erblickt. Genau vor der photographischen Platte sind zwei von aussen bewegliche Schlitten angebracht, die es ermöglichen, bald die eine, bald die andere Hälfte des Spaltbildes zu exponiren, und ausserdem kann der zentrale Theil des Bildes noch besonders verdeckt werden, um diesen Theil der Platte dann bei ruhenden Spiegeln zu exponiren, sodass direkt zwischen den beiden bei bewegten Spiegeln aufgenommenen Spektren das Vergleichsspektrum eingeschaltet wird.

Das Programm für die Durchführung einer Messung ist dann etwa in folgender Anordnung zu entwerfen:

I. a) Die eine Hälfte des Spaltes offen, die Spiegel sind in Ruhe, und es wird der zentrale Theil der Platte exponirt.

b) Der zentrale Theil der Platte ist bedeckt, die äusseren Theile des Spektrums werden bei bewegten Spiegeln aufgenommen.

II. c) Die andere Hälfte des Spaltes wird geöffnet, die erste bedeckt, und die Spiegel rotiren in umgekehrter Richtung bei bedecktem zentralen Theile.

d) Der zentrale Theil ist frei, die Spiegel sind in Ruhe, und die äusseren Theile des Spaltbildes sind bedeckt.

Auf diese Weise erhält man auf einer Platte die folgenden Spektren: Zwei Spektren in der Mitte der Platte, eines über dem anderen, welche die Linien bei ruhenden Spiegeln zeigen und dadurch eine Kontrole der Stabilität des Apparates in seinen einzelnen Theilen liefern. Vier Spektren, von denen je zwei auf beiden Seiten der erstgenannten liegen, welche die Linienverschiebung bei entgegengesetzten Rotationsrichtungen der Spiegel zur Anschauung bringen. In zweien dieser Spektren sind die Linien nach Roth, in zweien nach Violett hin verschoben.

Bei den von Bèlopolsky ausgeführten Versuchen wurde das Spektralgebiet zwischen $\lambda = 438$ und $\lambda = 450$ benutzt, weil die weiter nach dem Violett hin liegenden Theile des Spektrums wegen der Anwendung versilberter Spiegel sehr schwach waren. Die in den photographirten Spektraltheilen vorhandenen Linien dienten dazu, den Faktor zu bestimmen, mittels dessen die gemessenen Linienverschiebungen in Kilometer Bewegungsgeschwindigkeit pro Sekunde umgewandelt werden konnten.

Die Dispersion im Verhältniss zum Schraubenwerth hat sich während der Versuchszeit sehr konstant erhalten, wie einige zu diesem Zwecke angestellte Messungen von Linienintervallen zeigten. Für den Verwandlungsfaktor konnte deshalb auch einfach der Mittelwerth aus drei an verschiedenen Messungstagen erhaltenen Resultaten gebildet werden; diese waren

27. Juni 1900	$\log K = 1{,}7878$	
6. Juli „	„ $= 1{,}7826$	1,7858
9. August „	„ $= 1{,}7871$	

Die Grösse der Linienverschiebung betrug 0,010 Umdr. der Schraube, sodass eine Einheit der zweiten Dezimale des Werthes von K eine Differenz von 14 *m* in der berechneten Geschwindigkeit gleich kommen würde. Das ist eine Genauigkeit, die kein Stern-Spektrograph zu liefern im Stande ist. Der wahrscheinliche Fehler bei Messungen am Spektrographen des Pulkowaer Observatoriums würde mindestens das siebenfache betragen, und da dieser die Geschwindigkeit der Sterne im Visionsradius mit einer Genauigkeit von etwa

± 2 *km* zu bestimmen gestattet, so würde der Apparat von Bělopolsky noch Unterschiede von wenigen hundert Meter zu messen erlauben.

Die seit dem April vorigen Jahres ausgeführten Versuche haben gezeigt, dass die Expositionszeit mit der Anzahl der Reflexionen des Lichtes an den rotirenden Spiegeln sehr schnell wächst; bei zu langen Expositionszeiten für eine Aufnahme müssen aber wieder an die Stabilität der Apparate zu hohe Anforderungen gestellt werden. Der Verf. hat sich daher schliesslich mit 6 Reflexionen begnügt, wobei noch 30 Minuten Expositionszeit erforderlich waren. Zur Bestimmung der Rotationszahl der Räder und damit der Spiegelgeschwindigkeit wurde die Höhe des Tones beobachtet, welche ein kleines in die Zähne des letzten Rades eingeschobenes Stückchen Papier hervorbrachte und sodann durch eine Art Interpolation von der jeweilig gemessenen Stromstärke in den Elektromotoren auf die Rotationszahl geschlossen. Der äquivalente von den Spiegeln zurückgelegte Weg schwankte zwischen 250 und 370 *m* pro Sekunde bei 32 bezw. 44 Umdrehungen. Zum Schlusse mögen noch die endgültigen Ergebnisse der bisherigen Messungen tabellarisch angeführt werden. Dieselben beziehen sich vorläufig nur auf den Vergleich der experimentell, d. h. aus der Messung der Linienverschiebungen in den Spektrogrammen und der aus der gemessenen Rotationszahl abgeleiteten Geschwindigkeiten.

	Aus der Linienverschiebung *km* pro Sek.	Aus der Rotationszahl der Spiegel *km* pro Sek.
27. Juni 1900	0,73	0,46 bis 0,55
1. Juli	0,67	0,50 „ 0,60
6. „	1,28	0,64 „ 0,78
9. „	0,67	0,64 „ 0,78
7. August	0,67	0,64 „ 0,78
9. „	0,67	0,64 „ 0,78

Wahrscheinlicher Fehler einer Geschwindigkeitsbestimmung: ± 0,17 *km*/Sek.

Ambronn.

Relative Schweremessungen. I. Messungen auf 10 Stationen des Tübinger Meridians.

Von K. R. Koch. *Jahreshefte d. Ver. f. vaterländ. Naturkunde in Württemberg 1901. S. 356.*

Nach einem vom Verf. ausgearbeiteten Plane wird Württemberg in absehbarer Zeit von einem System von etwa 90 Schwerestationen bedeckt sein; die obige interessante Veröffentlichung der Kgl. Württembergischen Kommission für die Internationale Erdmessung behandelt die Schwereanschlüsse von zunächst 10 dieser Stationen an Stuttgart, eine spätere Veröffentlichung wird auch den bereits ausgeführten Anschluss von Stuttgart an Karlsruhe und damit an das allgemeine System der Schwerestationen der Erde enthalten. Es lag nahe, jene 10 Stationen zunächst zu erledigen, weil auf ihnen die zugehörigen Polhöhenbeobachtungen bereits ausgeführt sind (vgl. das Referat in *dieser Zeitschr.* **21.** *S. 211. 1901*).

Der Verf. hat den Einfluss zweier von den Fehlerquellen bei relativen Schweremessungen so weit herabgedrückt, dass sie vernachlässigt werden konnten. Erstens wurde gleichzeitig mit jedem Stationspendel auch auf der Ausgangsstation Stuttgart ein Pendel durch einen zweiten Beobachter beobachtet, beide Orte waren durch eine Leitung miteinander verbunden, und die Kutter'sche Präzisionsuhr in Stuttgart bediente beide Koinzidenzapparate. Da hiermit die Kenntniss des Uhrganges fast überflüssig geworden ist, wird Verf. auch von der Mittheilung von dessen Grösse und Unsicherheit entbunden, was sonst zur Beurtheilung der Genauigkeit der Resultate unerlässlich wäre. Zweitens ersetzte der Verf. das gewöhnliche Schneider'sche Stativ durch ein solches eigener Konstruktion (vgl. hierüber *diese Zeitschr.* **18.** *S. 293. 1898*), das den Zweck verfolgt und, wo es sich überhaupt anbringen lässt, erfüllt, das Mitschwingen fast gleich Null zu machen; dieses ist nach Angaben des Verf. auf allen Stationen kleiner als $1 \cdot 10^{-7}$ Sek. gewesen, genaue Angaben über die Grösse der Amplituden von Haupt- und Fadenpendel bei den einzelnen Reihen sowie über seine Berechnung werden nicht mitgetheilt.

Um die Temperaturänderung bei Annäherung des Beobachters an den Pendelkasten zu verringern, wurde in diesem vorher die Luft durch ein Schraubenrad in Bewegung gesetzt; ausserdem brachte Verf. eine Einrichtung an, die erlaubte, den Pendelwechsel ohne Abheben des Kastens vorzunehmen. Durch zweckmässig angebrachte Thermometer wurde die Vertheilung der Temperatur in der Nähe des Pendelkastens studirt.

Die vier Pendel zeigten, wie auch andere Sätze von Pendeln aus der Schneider'schen Werkstätte, eine beträchtliche Variabilität und bei der vom Verf. daraufhin angestellten Untersuchung derartige Unzulässigkeiten in der Konstruktion, dass Verf. sich entschloss, sie umarbeiten zu lassen. Die hauptsächlichsten Uebelstände waren: Pendel-Linsen und -Schneiden waren ungenügend befestigt und die Pendelstangen waren sämmtlich etwas gekrümmt; der letztere Uebelstand kann nach dem Verf. eventuell von Anomalien der Ausdehnung bei Erwärmung begleitet sein, wodurch die vom Verf. wie auch von anderer Seite angewandte Vorsichtsmaassregel eine innere Begründung erfährt, für jedes Pendel einen besonderen Temperaturkoeffizienten anzuwenden. Die umgearbeiteten Pendel zeigten nur noch Veränderungen, wie sie bei guten Pendeln aus anderen Werkstätten auch vorgekommen sind.

Da die Umarbeitung keine wesentliche Aenderung der äusseren Form bewirkt hatte, trug Verf. kein Bedenken, die von Hrn. Oberst v. Sterneck bestimmten Luftdruckkonstanten weiter zu verwenden; er unternahm aber, namentlich wegen der Erneuerung der Pendelstangen, eine Neubestimmung der Temperaturkonstanten. Das zu untersuchende Pendel schwang dabei auf dem Schneider'schen Stativ in einem Eisenblechkasten, dessen Temperatur auf elektrischem Wege regulirt werden konnte; durch eine zweckmässige Verzweigung des den Kasten umgebenden Leitungsdrahtes erreichte Verf. die Möglichkeit, der Temperaturschichtung im Innern entgegenzuwirken. Vier in verschiedenen Höhen und in horizontaler Lage angebrachte Thermometer kontrolirten die Temperaturvertheilung. Die Schwingungszeit des zu untersuchenden Pendels wurde mit der eines in konstanter Temperatur schwingenden Pendels verglichen.

Bei der Beobachtung der Durchgänge der Blitze hat Verf. die Vorsicht beachtet, die erste sowohl als die zweite Reihe der aufeinander folgenden Koinzidenzen dann zu beginnen, wenn Blitz und Horizontalfaden zusammentrafen; entsprechende gleichsinnige Durchgänge fallen dann nahezu auf gleiche Zehntel. Der dem üblichen Verfahren vom Verf. zugeschriebene Mangel: „die lineare Interpolation kann offenbar nicht genaue Resultate liefern, da die Sekundenschläge auf verschiedene Phasen der Schwingung des Halbsekundenpendels fallen“, dürfte nach der Meinung des Ref. für die Praxis nicht begründet sein. Wohl aber hat Verf. durch diese Vorsichtsmaassregel seine persönliche Gleichung in der Auffassung der Durchgänge fast eliminirt.

Der Verf. ist mit Erfolg in der Unterdrückung einer Anzahl von Fehlern weiter gegangen als andere Pendelbeobachter; als einem Physiker vom Fach stehen ihm dazu Mittel und Wege zu Gebote. Bei diesen relativen Schweremessungen kann man indessen bis zu einem gewissen Grade von dem Umstande Gebrauch machen, dass es nur auf die *Differenzen* der Schwingungsdauer zwischen zwei Stationen ankommt. Fehler, die auf beiden Stationen in gleichem Sinne und Betrage auftreten, fallen, wenn auch nicht streng, so doch summarisch, bei der Bildung der Differenzen wieder weg. Hierher gehört z. B. die Beeinflussung der Temperatur im Pendelkasten durch den Beobachter, mag er nun die Pendel mit der behandschuhten Hand, mit der Zange oder mittels einer mechanischen Vorrichtung auswechseln oder sich nur zur Ablesung in die Nähe begeben, wenn nur die nothwendigen Manipulationen, deren Dauer sowie die Dauer des Einschwingenlassens überall dieselben sind.

Der Verf. ist, nach mehrfacher Erhöhung der Präzision, von der erlangten Uebereinstimmung nicht befriedigt; den Grund für die zu grossen Widersprüche findet er in einer zu grossen Variabilität von Pendel II während der zweiten Hälfte der Expedition, und zwar durch Vergleich der Schwingungszeiten untereinander. Er hält sich danach für berechtigt, die Beobachtungen von Pendel II auf den Stationen südlich von Stuttgart bei der Ableitung der Resultate zu unterdrücken; diese Schweredifferenzen beruhen demnach nur auf *einem* Pendel.

Die Endresultate, nämlich die Unterschiede der in Stuttgart und auf den 10 Stationen beobachteten Schwerkräfte gegen die berechneten, sind *a. a. O. S. 408* angegeben. Diese Unterschiede im Sinne „Beobachtet minus Berechnet“ sind:

Station	Polhöhe	Differenz der Schwerkräfte
Bitz	48° 14′ 30″	+ 0,000 10 *m*
Mössingen	24 20	+ 0,000 26
Lustnau	31 55	+ 0,000 28
Schoenaich	39 20	+ 0,000 22
Stuttgart	46 54	+ 0,000 34
Solitude	47 10	+ 0,000 29
Markgröningen	54 20	+ 0,000 40
Freudenthal	49 0 35	+ 0,000 55
Brackenheim	4 40	+ 0,000 63
Schwaigern	8 30	+ 0,000 74
Fürfeld	12 35	+ 0,000 75

Die mittlere geographische Länge gegen Greenwich ist 9° 5′ östl.

Der Gang in den Schwerkräften besitzt eine befriedigende Stetigkeit.

Sn.

Ueber ein neues Manometer und über das Gasdruckgesetz zwischen 1,5 und 0,01 *mm* Quecksilber.

Von Lord Rayleigh. *Phil. Trans. Roy. Soc. London* **196.** *S. 205. 1901; Zeitschr. f. phys. Chem.* **37.** *S. 713. 1901.*

C. Bohr hat im Jahre 1886 (*Wied. Ann.* **27.** *S. 479. 1886*) folgendes Resultat ausgesprochen:

1. Bei einer Temperatur zwischen 11° und 14° weicht der Sauerstoff innerhalb der beobachteten Druckgrenzen von dem Boyle-Mariotte'schen Gesetze ab. Die Abhängigkeit zwischen Volumen und Druck, für einen Werth des letztgenannten grösser als 0,70 *mm*, kann man annähernd durch die Formel

$$(p + 0{,}109)\, v = k$$

ausdrücken, während die Formel für Werthe der Drucke, welche kleiner als 0,70 *mm* sind,

$$(p + 0{,}070)\, v = k$$

ist.

2. Sinkt der Druck unterhalb 0,70 *mm*, so erleidet der Sauerstoff eine Zustandsveränderung; er kann wieder durch ein Erhöhen des Druckes bis über 0,70 *mm* in die ursprüngliche Zustandsform übergeführt werden.

Die Nachprüfung dieses Resultates bot Lord Rayleigh eine willkommene Gelegenheit, das von ihm schon bei anderen Arbeiten benutzte Manometer für niedrige Drucke aufs Neue zu verwenden und nur dem Umstande, dass er durch sein Manometer eine grössere Genauigkeit als bei ähnlichen bisherigen Messungen zu erreichen hoffte, ist es zu verdanken, dass er dem Studium dieser Bohr'schen Anomalie näher trat.

Das von Lord Rayleigh benutzte Manometer ist in Fig. 1 im Aufriss und Grundriss wiedergegeben, während Fig. 2 die allgemeinere Anordnung desselben erkennen lässt. Das Manometer besteht im Wesentlichen aus zwei gleich grossen Glaskugeln *BB* von etwa 25 *mm* Durchmesser, welche gabelförmig zu einem gemeinsamen Stiele *A* verbunden sind. Der untere Theil dieser Glaskugeln ist nebst dem Stiel *A* mit Quecksilber gefüllt, welches durch einen Schlauch mit dem in *D* (Fig. 2) befindlichen Quecksilber kommunizirt. Von den Kugeln *BB* führen elastische 3 *m* lange Glasrohre *CC* zu denjenigen Räumen, deren Gasdrucke mit einander verglichen werden sollen; in die Kugeln *BB* sind ferner zwei Glasspitzen von undurchsichtigem Glase eingeschmolzen.

Um die Druckmessung zu ermöglichen, ist die ganze Vorrichtung *ABBCC* an einem Brett montirt, welches mit dem Brett *K* in starrer Verbindung steht. *K* seinerseits ruht mit

zwei Spitzen *I* auf einer festen Unterlage auf und kann durch Bethätigung der Schraube *J* verschieden gegen den Horizont geneigt werden. Nachdem die durch den Hahn *E* abgeschlossene Quecksilbermenge durch die Klemmen *F* und *G* (letztere mittels des Handgriffes *H*) roh eingestellt ist, wird durch Drehen an der Schraube *J* das System soweit geneigt, dass die Spitzen in beiden Kugeln *BB* mit dem Quecksilber zur Berührung kommen, was man in bekannter Weise aus der gegenseitigen Lage der Spitzen und ihrer Spiegelbilder in der Quecksilberkuppe ersieht.

Obwohl schon die Grösse der Drehung der Schraube *J* ein Maass für die Neigung des ganzen Systems und damit des Druckunterschiedes zwischen den beiden Kugeln *BB* sein würde — die Nullstellung kann durch Benutzung einer mittels Hahn absperrbaren Verbindung zwischen beiden Kugeln *BB* ermittelt werden — so hat Lord Rayleigh doch geglaubt, eine

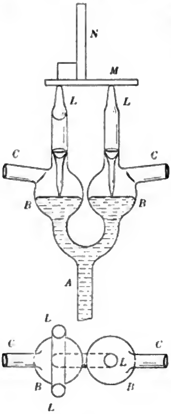


Fig. 1.

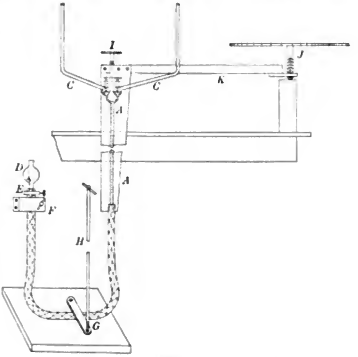


Fig. 2.

feinere Ablesung vorsehen zu sollen. Zu diesem Zwecke sind die Kugeln in die Ansätze *LL* (Fig. 1) verlängert, von denen sich der eine (in der Figur links) gabelförmig verzweigt. Es werden auf diese Weise für eine Platte *M*, die einen Spiegel *N* trägt, drei feste Stützpunkte geschaffen, sodass sich alle Neigungsänderungen des Systems *ABBCC* auf den Spiegel *N* übertragen und hier durch Skale und Fernrohr beobachtet werden können.

Die mit dem Manometer erreichbare Genauigkeit wird von Lord Rayleigh auf etwa $^1/_{2000}$ *mm* angegeben.

Zwecks Studiums der Bohr'schen Anomalie war das eine Rohr *C* mit einer Luftpumpe verbunden, welche die höchsten Grade der Verdünnung zu erreichen gestattete; ein seitliches, absperrbares Rohr führte zu dem Gasentwicklungsapparate. Das andere Rohr *C* führte zu einem graduirten Gasbehälter, welcher durch Quecksilber abgesperrt war. Der Gang der Versuche war nun der, dass man zunächst, durch Oeffnung des Hahnes im Verbindungsstück zwischen *BB*, den Nullpunkt ermittelte, dann diesen Hahn abschloss und die mit der Pumpe verbundene Seite des Manometers luftleer pumpte. Dann wurden in der oben beschriebenen Weise die Drucke gemessen, die auftraten, wenn man in dem graduirten Gasbehälter das Gasvolumen um messbare Beträge veränderte. Dieselbe Operation wurde wiederholt, nachdem man durch vorübergehendes Oeffnen des Hahnes zwischen *BB* die Menge des im Gasbehälter vorhandenen Gases verringert und die mit der Pumpe verbundene Seite des Manometers wiederum evakuirt hatte. Man erhielt dann aus den verschiedenen gut über-

einander übergreifenden Reihen zugehörige Reihen von Druck und Volumen, welche das Verhalten des Gases bei niedrigen Drucken charakterisirten.

Die Beobachtungen Lord Rayleigh's erstrecken sich auf Stickstoff, Wasserstoff und Sauerstoff und ergeben für alle drei Gase zwischen 1,5 und 0,01 *mm* innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler eine volle Bestätigung des Boyle-Mariotte'schen Gesetzes. Ein geringer Zweifel kann bezüglich des Wasserstoffs bestehen, welcher für die höchsten Drucke anscheinend etwas zu hohe Werthe ergiebt. Die Kleinheit des Betrages, sowie die verschiedenen Komplikationen, auf welche diese Abweichung zurückgeführt werden kann, sind jedoch nicht geeignet, um hieraus auf eine wirkliche Abweichung des Wasserstoffs vom Boyle-Mariotte'schen Gesetze zu schliessen.

Hinsichtlich der Unterschiede seiner Resultate von denjenigen Bohr's glaubt Verf. nur annehmen zu können, dass dieselben irgendwie mit der Beschaffenheit des Gases zusammenhängen, wozu vielleicht noch eine Wechselwirkung zwischen dem Gas und dem Glase oder dem Quecksilber hinzutritt. *Schl.*

Ueber die Ausdehnung von Porzellan und Glas in hoher Temperatur.

Von L. Holborn und E. Grüneisen. *Ann. d. Physik* **6.** *S. 136. 1901.*

Die Arbeit bildet die Fortsetzung einer früheren von Holborn und Day, über welche in *dieser Zeitschrift* **21.** *S. 84. 1901* berichtet ist und welche sich auf die Bestimmung der Ausdehnung einer Reihe von Metallen bezog. Die damals benutzte Methode gelangte auch hier zur Anwendung; nur musste man dem geringen Wärmeleitvermögen der hier in Frage kommenden Körper dadurch Rechnung tragen, dass man die Temperaturvertheilung im Heizraum gleichmässiger gestaltete, was durch Anordnung eines dritten Heizrohres erreicht wurde.

Die Versuche erstrecken sich auf

1. *Berliner Porzellan.* Zur Verwendung gelangte ein Stab mit kreisförmigem Querschnitt von 6,5 *mm* Durchmesser, der durch Pressen hergestellt war, sowie ein zweiter Stab von rechteckigem Querschnitt (3,5 × 6,5 *mm*), welcher vor dem Brennen aus der Masse herausgeschnitten war. Die mit dem Diamanten hergestellte Theilung befand sich auf der Achse des Stabes; die Theilstriche selbst waren mit Pariser Roth eingerieben, was sich bis 1000° zur Zufriedenheit, wenn auch in den höchsten Temperaturen nicht vollkommen, bewährte.

Die Verf. stellen ihre Beobachtungen zwischen 0° und 625° für die beiden Stäbe, bezogen auf die Längeneinheit, durch die Formeln

$$\lambda = \left\{3027\,t + 1{,}177\,t^2\right\} 10^{-9} \qquad \lambda' = \left\{3188\,t + 0{,}936\,t^2\right\} 10^{-9}$$

dar, wo λ und λ' die Ausdehnungen bezeichnen.

Oberhalb 625° gehen diese Formeln nicht mehr mit den Beobachtungen zusammen, vielmehr wird die Zunahme der Ausdehnung in der Nähe von 700° kleiner, um jenseits 800° schneller als vorher zu wachsen. Diese Thatsache steht mit bekannten Erfahrungen der Technik im Zusammenhang.

2. *Jenaer Borosilikatglas* 59^{III}. Zu den Versuchen dienten zwei Stäbe aus verschiedenen Schmelzen, die im gekühlten Zustande untersucht wurden. Der eine Stab, eine Thermometerkapillare von 5,2 *mm* Durchmesser, war demselben Glasvorrath entnommen, dem die zu den Ausdehnungsbestimmungen (im ungekühlten Zustande) von Thiesen und Scheel benutzten Kapillaren entstammten (*diese Zeitschr.* **12.** *S. 293. 1892*), und war nach fertiggestellter Theilung im Glaswerk von Schott & Gen. in Jena einem Kühlprozess unterworfen worden. Der zweite massive Stab von 5,7 *mm* Durchmesser war gleich nach dem Ziehen gekühlt, wahrscheinlich aber bei einer niedrigeren Temperatur als der erste Stab.

Die Messungen beider Glasstäbe geschahen bei den Temperaturen 250°, 375° und 500°; die Resultate lassen sich hinreichend genau durch eine Parabel darstellen, und zwar beträgt die Ausdehnung, bezogen auf die Längeneinheit,

$$\text{für die Kapillare } \lambda = \left\{5814\,t + 0{,}801\,t^2\right\} 10^{-9},$$

$$\text{für den Vollstab } \lambda = \left\{5852\,t + 0{,}959\,t^2\right\} 10^{-9}.$$

Schl.

Dielektrizitätskonstanten reiner Flüssigkeiten.

Von B. B. Turner. *Zeitschr. f. phys. Chem.* **35.** *S. 385. 1900.*

Zur Bestimmung von Dielektrizitätskonstanten hat Nernst (*a. a. O.* **14.** *S. 622. 1894*) eine Methode angegeben, die Verf. in vorliegender Arbeit zu möglichst grosser Genauigkeit auszuarbeiten sucht; gleichzeitig will er für eine Anzahl wohl definirter Flüssigkeiten, die später als Aichflüssigkeiten dienen können, die Dielektrizitätskonstante bestimmen. Die Anordnung der Nernst'schen Methode zeigt Fig. 1. I bedeutet das Induktorium, T das Telephon, w_1 und w_2 zwei kapazitätsfreie Widerstände, C_1 und C_2 zwei Kondensatoren, von denen jeder aus zwei parallel geschalteten Theilen, dem dielektrischen Trog und dem Messkondensator besteht. Soll ein Dielektrikum untersucht werden, das ausserdem eine geringe Leitfähigkeit besitzt (wie z. B. Wasser), so muss auch der Vergleichskondensator durch einen Nebenschluss von entsprechend grossem Widerstand künstlich leitend gemacht werden. Die Nullpunktsbedingungen für diese Anordnung sind $w_1 C_1 = w_2 C_2$ und $w_1 w_4 = w_2 w_3$, wenn die Widerstände der Kondensatoren mit w_3 bezw. w_4 bezeichnet werden. Am besten macht man $w_1 = w_2$, dann muss auch $C_1 = C_2$ sein. Für schlecht leitende Substanzen muss man w_1 und w_2 gross wählen; man nimmt zu diesem Zweck elektrolytische Widerstände (etwa 40000 Ohm), die sogenannte Manganini'sche Lösung enthalten (182 *g* Mannit und 62 *g* Borsäure auf 1 *l* Wasser; Leitvermögen $1{,}18 \cdot 10^{-7}$ bei 27° C.; Temperaturkoeffizient nur $-0{,}2\,\%$ pro Grad; durch Zusatz von etwas Chlorkalium kann der Temperaturkoeffizient ganz zum Verschwinden gebracht werden. Die Lösung wird besser noch verdünnter genommen, wo es angeht, weil sich sonst leicht Krystalle ausscheiden).

Verf. bespricht zunächst theoretisch einige Fehlerquellen, die im Hereinziehen von Kraftlinien bestehen, findet aber, dass bei der hier angewendeten Form der Tröge keine nennenswerthen Fehler dadurch auftreten können. Bei der Versuchsanordnung werden, soweit die Eliminirung der „äusseren Kapazität" (Kapazität der Zuleitungen u. s. w.) in Frage kommt, mehrere Messungsweisen unterschieden: 1. Die Vergleichsmethode, bei der die Kapazität des leeren Trogs s subtrahirt wird von den Kapazitäten desselben bei Füllung mit zwei verschiedenen Flüssigkeiten (S und S_0); es ist dann, wenn D und D_0 die Dielektrizitätskonstanten dieser Flüssigkeiten bedeuten $(D-1)/(D_0-1) = (S-s)/(S_0-s)$; 2. die absolute Methode, bei der das Verhältniss der Differenz der Kapazitäten bei verschiedenem Abstand der Scheibe vom Trogboden im gefüllten zu der im leeren Zustand gleich D gesetzt wird, also $D = (S_1 - S_2)/(s_1 - s_2)$; 3. die Stiftmethode, bei der die Scheibe des dielektrischen Trogs durch einen Stift ersetzt ist und die Dielektrizitätskonstante aus zwei Messungen im gefüllten und leeren Zustand des Trogs wie bei 2. berechnet wird; 4. eine Methode, die dadurch ermöglicht wird, dass bei gut konstruirtem Trog die Kraftlinieneinziehung zu vernachlässigen ist. Man bestimmt dann ein für allemal den Betrag der „äusseren Kapazität" α durch irgend eine der anderen Methoden und subtrahirt ihn von den beobachteten Kapazitäten des vollen und leeren Troges, also $D = (S-\alpha)/(s-\alpha)$. Die dritte Methode kam in der vorliegenden Arbeit hauptsächlich zur Anwendung. Ueber die einzelnen Apparattheile ist Folgendes zu bemerken.

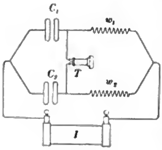


Fig. 1.

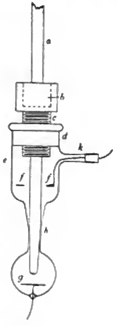


Fig. 2.

Für die Verzweigungswiderstände wurden U-Rohre mit Elektroden von etwa 65 *qmm* Oberfläche genommen; die Flüssigkeitssäule war 13 *cm* lang und hatte einen Durchmesser von etwa 10 *mm*; der Widerstand einer mit Manganini'scher Lösung gefüllten Röhre betrug etwa 27000 Ohm. Die Nebenschlusswiderstände sind, wie Fig. 2 zeigt, so eingerichtet, dass

ihr Widerstand durch Verengung der Flüssigkeitssäule mittels eines eingeschobenen Glasstabes *a* bewirkt werden kann. Dieser passt ziemlich fest mittels eines Korkes *b* in die Hartgummischraube *c*, ist aber leicht darin verschiebbar; die ebenfalls aus Hartgummi bestehende Mutter *d* ist in das Glasrohr *e* fest eingekittet. Als Elektrode *f* dient ein aus Platinblech geschnittener Ring mit angeschweisstem Platindraht, der durch die seitliche Röhre *k* austritt; diese wird auch zum Einfüllen der Flüssigkeit benutzt. Der Glasstab muss zur Erzielung einer genügend grossen Widerstandsvariation möglichst gut in den engeren Theil *h* des konisch gestalteten Glasrohres einpassen; zur gröberen Einstellung wird der Glasstab im Kork verschoben, die feinere Regulirung geschieht durch das Gewinde. Die Messkondensatoren (von R. Brunnée in Göttingen zum Preis von 80 bis 100 M. angefertigt) bestanden aus drei Metallplatten von 72 × 200 *mm* Grundfläche und 4$^1/_2$ *mm* Dicke, zwischen denen sich zwei verschiebbare Glasplatten von 3 *mm* Dicke befanden. Die Einstellung der einzelnen verschiebbaren Platten wurde an einer Skale mit Nonius abgelesen. Der Abstand der Platten wurde durch Glasstückchen konstant gehalten, die Platten selbst durch Messingklammern, die mit Hartgummi gefüttert waren, zusammengepresst. Zur Isolation war die Vorrichtung auf einem 13 *mm* dicken Hartgummibrett mit ebensolchen Füssen von 4 *cm* Länge montirt. Den dielektrischen Trog verbesserte Verf. dadurch, dass er den Hartgummideckel desselben durch Glas ersetzte, weil der erstere leicht quillt und dadurch die Einstellung der Scheibe verändert wird. Wegen des grossen Temperaturkoeffizienten der meisten Flüssigkeiten musste noch besonders auf Gleichmässigkeit der Temperatur im Trog Rücksicht genommen werden; da es aber aus verschiedenen Gründen nicht zulässig erschien, den dielektrischen Trog in ein Oelbad einzusetzen, so wurde er mit einer dickwandigen, möglichst gut verschliessenden Eisenhülle umgeben, die einen besseren Temperaturausgleich bewirken sollte. Eine Fehlerquelle bestand auch in dem Beschlagen der Glasplatten des Messkondensators, sowie in der Veränderung der Dielektrizitätskonstante der Glasplatten mit der Temperatur; der Temperaturkoeffizient derselben wurde zu etwa — 0,1 % pro Grad bestimmt. Im Folgenden sind die Resultate, bezogen auf die Dielektrizitätskonstante der Luft als Einheit, zusammengestellt.

Substanz	Temp.	Dielektr.-Konst.	Temp.-Koeff. pro Grad
Benzol *	18°	2,288	— 0,0007
Aether	"	4,367	— 0,0046
Anilin	"	7,316	— 0,0035
Orthonitrotoluol *	"	27,71	— 0,0055
Wasser *	"	81,07	— 0,0045
Nitrobenzol	"	36,45	— 0,005
Metaxylol	"	2,376	—

Die mit * bezeichneten sind als Aichflüssigkeiten geeignet. Die Genauigkeit der Messungen (w. F.) schätzt Verf. bis zu $^1/_{10000}$ des Werthes.

Ferner wurde für eine Anzahl Flüssigkeiten, die aber z. Th. nicht vollkommen rein waren, die Dielektrizitätskonstante annähernd bestimmt; Verf. theilt die folgenden Zahlen mit.

Substanz	Temp.	Dielektr.-Konst.	Substanz	Temp.	Dielektr.-Konst.
Aethylenbromid (ausgefroren)	18°	4,86	Methyljodid	20,4°	7,1
Tetrachlorkohlenstoff	18	2,25	Azetophenon	20	18,6
Aethylalkohol (wasserfrei)	14,7	26,8	Methylenjodid	19	5,5
Chloroform	18	5,2	Tiophen	16	2,76
α-Bromnaphtalin	19	5,17	Isobutylalkohol	18	18,9
Bromoform	20,7	4,51	Quinoline (aus Theeröl)	20	8,9
Aethylbromid	18	9,7	Phenylhydrazin	23	7,15

W. J.

Neues System von elektrischen Strom- und Spannungsmessern.

Von P. Weiss. *Compt. rend.* **132.** *S. 957. 1901.*

Die von Weiss konstruirten, auf dem Deprez-d'Arsonval'schen Prinzip beruhenden Instrumente haben den Vorzug, dass ihre Angaben von der Stärke ihrer permanenten Magnete unabhängig sind.

Man denke sich in einem gewöhnlichen Deprez-d'Arsonval-Galvanometer die Stromzuführungen zur beweglichen Spule durch vollständig biegsame Leiter ausgeführt, deren elastische Kräfte vernachlässigt werden können. Die Richtkraft werde vielmehr hervorgebracht durch einen kleinen gesättigten Magneten, der mit der Achse der beweglichen Spule fest verbunden ist. Wird jetzt das Feld, in dem die Spule schwingt, geschwächt, so wird die Richtkraft kleiner; da aber auch die ablenkende Kraft in demselben Maasse geschwächt wird, so bleibt die Empfindlichkeit konstant. Diese theoretischen Ueberlegungen sind praktisch nicht streng ausführbar, weil der kleine mit der Spule verbundene Magnet den Sättigungszustand nicht beibehalten wird und zweitens auch die feinsten Stromzuführungen eine elastische Richtkraft ausüben. Wie die Theorie zeigt, können durch geeignete Wahl der Abmessungen diese beiden störenden Einflüsse einander kompensiren. In der folgenden Tabelle ist die Stärke i der Ströme verzeichnet, die bei einem Felde von 500 und 600 Gauss nöthig waren, um denselben Ausschlag α hervorzurufen.

α	$\mathfrak{H} = 500$	$\mathfrak{H} = 600$	i/α
0°	0	0	—
10°	37,1	37,3	3,72
20°	67,6	67,7	3,38
30°	94,2	94,2	3,14
40°	119,4	119,2	2,98
50°	145,6	145,6	2,91
60°	173,2	173,0	2,89
70°	199,5	199,2	2,85

Die Tabelle zeigt, dass der Ausschlag von der Grösse des äusseren Feldes so gut wie unabhängig ist. In der letzten Spalte ist die mittlere Stromstärke durch die Grösse des Ausschlages dividirt worden. Man erkennt daraus, dass eine Proportionalität der Skale nicht besteht. Es muss dies als ein grosser Nachtheil gegenüber der üblichen Type der d'Arsonval-Instrumente bezeichnet werden, zumal man letztere heutzutage mit Magneten und Federn erhalten kann, deren Konstanz auf Jahre hinaus nichts zu wünschen übrig lässt.

E. O.

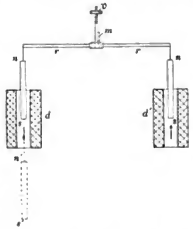
Elektrische, auf dem Prinzip der Waage beruhende Messinstrumente.

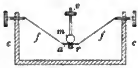
Von V. Crémieu. *Compt. rend.* **132.** *S. 1267. 1901.*

Der Verf. beschreibt das Prinzip einer empfindlichen Waage, die als Galvanometer, Elektrodynamometer und absolutes Elektrometer ausgeführt werden kann.

Zwischen den beiden Messingarmen *cc* ist an den Schrauben *bb* ein Kokonfaden *ff* aufgehängt, der in der Mitte ein Aluminiumscheibchen *a* trägt. An diesem Scheibchen ist senkrecht zur Ebene der Kokonfäden ein Aluminiumrohr *r r* symmetrisch befestigt; letzteres trägt in seiner Mitte ausser der Justirungsschraube *r* den Spiegel *m*. An den Enden des Hebelarmes *rr* hängen an Kokonfäden zwei zylindrische Magnete *ns* von 6 *cm* Länge und 2 *mm* Durchmesser. Die unteren Pole befinden sich in der Mitte des Hohlraumes von zwei vertikal gestellten Spulen *dd'* von 6 *cm* Länge, die mit 30000 Windungen Kupferdraht bewickelt sind; jede Spule hat 5000 Ohm Widerstand. Ist die Schraube *r* so justirt, dass die Schwingungsdauer 8 Sekunden beträgt, so liefert bei 1 *m* Skalenabstand ein Strom von 10^{-9} Amp. einen Ausschlag von 12 *mm*. Der Apparat ist vollständig astatisch, die Einstellungen erfolgen aperiodisch.

Ersetzt man die Magnete durch Spulen, so erhält man ein nach demselben Prinzip konstruirtes Elektrodynamometer. Der Faden *ff* muss dabei aus feinen Drähten bestehen, welche die Stromzuführung bewerkstelligen.





Um dasselbe Prinzip auch für die Konstruktion eines Elektrometers zu verwenden, wird an dem einen Ende des Hebelarmes ein absolutes Thomson'sches Elektrometer angebracht. An dem anderen Ende wird ein Magnet $n's'$ so aufgehängt, dass der Nordpol n' noch unterhalb der Spule d zu liegen kommt; der Strom in der Spule wird so gerichtet, dass der Nordpol abgestossen wird. Die Formel für die Grösse dieser Kraft ist bei dieser Anordnung ähnlich der Formel für das Thomson'sche absolute Elektrometer. Ist nun letzteres einmal durch Gewichte geaicht worden, so kann bei späteren Versuchen die bewegliche Elektrometerplatte durch Variiren des Stroms in der Spule d in die Ruhelage zurückgeführt und die Grösse der Kraft aus der Stärke des Stromes in d abgeleitet werden. *E. O.*

Das Comptometer.

Von C. V. Boys. *Nature* **64**. *S. 265. 1901.*

In dieser interessanten Notiz giebt der Verf. nach einer Beschreibung der amerikanischen, mit dem Namen „Comptometer" belegten Rechenmaschine, besonders einen Vergleich des Maschinenrechnens mit dem logarithmischen Rechnen.

Die Rechenoperationen, die die *Additionsmaschinen* (auch das Comptometer gehört zu ihnen) mit dem grössten Vortheil auszuführen gestatten, sind nach dem Verfasser von der Form

$$\frac{ab \pm cd \pm ef \pm \ldots}{r} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 1)$$

während die Form, deren Ausrechnung mit *Logarithmen* am bequemsten von Statten geht,

$$\frac{a^n \cdot b^m \cdot \text{tab}^p\,\Theta \ldots.}{r^q \cdot s^t \cdot \text{tab}^{p'}\,\varphi \ldots.} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 2)$$

ist, wobei „tab" irgend eine der tabulirten logarithmischen Funktionen bedeutet. Der Verf. spricht sich dafür aus, dass auf diesen Unterschied streng geachtet werde und dass man, ebenso wie oft Formeln „zur *logarithmischen* Rechnung bequem gemacht", d. h. auf die Form 2) gebracht werden, auch Formeln zur *Maschinenrechnung* bequem mache, indem man sie auf die Form 1) bringe. Je nachdem sich eine Formel besser für die Form 1) oder 2) eigne, soll mit der Maschine oder mit Logarithmen gerechnet werden.

Der Raschheit der Arbeit mit dem Comptometer lässt der Verf. alle Gerechtigkeit widerfahren, indem er sagt, dass er z. B.

$$\Theta - \frac{1}{3}\,\Theta^3 + \frac{1}{5}\,\Theta^5$$

rascher mit dieser Maschine rechnen könne, als er den Winkel in der Tafel aufsuchen könne.

Die Fabrik, die das Comptometer herstellte, ist die Felt & Tarrant Manufg. Co. in Chicago, von der, nebenbei bemerkt, eine ebenfalls auf Konstruktion und Gebrauch des Comptometers eingehende und mit einigen Figuren ausgestattete kleine Broschüre zu beziehen ist.

Zum Vergleich des Comptometers mit sonstigen Arithmometern sagt der Verf., dass jenes vor Allem *zu lauten Gang* habe („wie eine Schreibmaschine durch ein Megaphon"); die

einzige Rechenmaschine mit stillem Gang sei die Selling'sche (übrigens lassen die neuen Modelle der „Thomas'schen“ Maschine von Burkhardt in Glashütte doch auch kaum etwas in dieser Beziehung zu wünschen übrig, während wieder andere Maschinen, besonders die „Brunsviga“ ebenfalls sehr geräuschvoll gehen). Der Hauptvorzug des Comptometers dagegen sei der, dass es eine Schlüssel-Maschine sei und mit Anschlagen viel rascher gearbeitet werden könne als mit Kurbeldrehen. Die Ausführung der Maschine sei tadellos, nur die Zahlen wünscht der Verf. von anderer Form, um weniger Verwechslungen ausgesetzt zu sein.

Zum Vergleich des Instruments ferner mit *Rechenschiebern* findet der Verf., dass für Fälle, in denen die Genauigkeit eines gewöhnlichen Rechenschiebers ausreicht, *keine* andere Vorrichtung den Vergleich mit diesem einfachen Werkzeug aushalten könne. Dagegen seien die Versuche, die Genauigkeit der Rechnung mit dem Schieber durch Verlängerung der Skalen zu erhöhen (Hannyngton, Everett, Thatcher, alle drei mit in Theilen abgesetzten geradlinigen Skalen; oder Fuller mit Spiralskale u. s. w.; andere als englische Instrumente dieser Art führt der Verf. nicht an), ohne Bedeutung, weil der grosse Vorzug des gewöhnlichen Rechenschiebers, seine ausserordentliche Handlichkeit und Bequemlichkeit, nothwendig verloren gehe. Wo die Genauigkeit von $^1/_{1000}$ des gewöhnlichen 25 *cm*-Schiebers oder $^1/_{2000}$ des 50 *cm*-Schiebers nicht ausreiche, sei im Allgemeinen logarithmische oder Maschinen-Rechnung der Rechenschieber-Rechnung stets überlegen; ob dabei die Rechenmaschine ein Comptometer oder ein Arithmometer sein soll, hänge (vgl. oben) von der Art der am häufigsten auszuführenden Rechnungen ab.

Der Referent hat im Gebrauch des Comptometers keine Erfahrung, vielmehr nur mit einigen andern Arithmometern gearbeitet; er ist entschieden der Meinung, dass bei uns neuerdings die Anwendung der Rechenmaschinen für viele Aufgaben, besonders in der trigonometrischen und polygonometrischen Praxis empfohlen wird, in denen man mit der Logarithmentafel *rascher* arbeitet — vorausgesetzt, dass die richtige Anleitung zur Anwendung der Logarithmentafel gegeben und genügende Uebung vorhanden ist. *Hammer.*

Ueber die Ermittlung von Entfernungen und Höhen aus perspektivischen Beziehungen.

Von Schönemann. *Schulprogramm, Soest 1901. 4°. 32 S. mit 2 Taf.*

Den Verf. hat der Wunsch nach einem handlichen Werkzeug, das ohne Anwendung eines Stativs zur raschen, wenn auch wenig genauen Bestimmung von Entfernungen und Höhen geeignet wäre, auf ein Verfahren geführt, das den einfachen Spiegel verwendet; er giebt seinem Instrumentchen den Namen *Spiegelstab.* Die erreichbare Genauigkeit ist nicht ganz gering und der Verf. hat zweifellos Recht, wenn er dem Instrument Verwendbarkeit im Unterricht zuschreibt; es ist jedenfalls eine lehrreiche Anwendung der Gesetze der Linearperspektive, wenn man auch von der wirklichen praktischen Verwendung des einfachen Werkzeugs nicht allzuviel wird erwarten dürfen. Möchten nur mehr Lehrer sich und ihre Schüler mit solchen Dingen statt mit abstrakten mathematischen Betrachtungen beschäftigen. Um eine Idee von der Genauigkeit der Entfernungsmessung zu geben, sei angeführt, dass mit dem neuen Modell des Spiegelstabs (von Krüss in Hamburg in Metall ausgeführt; die erste Ausführung war von Breithaupt in Cassel) bei Bestimmung von Entfernungen bis zu 600 *m*, nach den ersten 11 Zahlen der Tabelle des Verfassers, kein Fehler über 21 *m* vorkam (Basislänge allerdings bis zu 56 *m*), mehrfach sind sogar auffallend kleine Fehler vorhanden; dagegen finden sich unter den letzten 7 Zahlen folgende Abweichungen: bei einer Länge von rund 980 *m* der Fehler 43 *m*, bei 1100 *m* 33 *m*, sogar bei 500 *m* der Fehler 81 *m* und bei 790 *m* der Fehler 64 *m*. Wie der Verfasser zu seinen „wirklichen“ Entfernungen gekommen ist, sagt er allerdings nicht; aber die Zahlen zeigen, wie schon angedeutet, dass man die Genauigkeitserwartungen nicht hoch spannen darf. *Hammer.*

Neu erschienene Bücher.

G. Bigourdan, *Le Système métrique des poids et mesures.* 8°. VI, 458 S. mit 17 Fig. Paris, Gauthier-Villars 1901. 10 fr.

Von berufener Seite die Geschichte des metrischen Maasssystems in gemeinverständlicher Weise mitgetheilt zu sehen, ist sehr erfreulich und der Verf. wird auch ausserhalb Frankreichs Interesse für sein Buch finden; mehr und mehr wird ja die Inschrift der zur Erinnerung an die Gründung des Systems geschlagenen, am 23. Fructidor VII (9. September 1799) und am 19. Frimaire VIII beschlossenen, aber erst im Jahre 1840 ausgeführten Medaille „*A tous les temps à tous les peuples*“ zur Wahrheit.

Der Band ist nur ziemlich stark ausgefallen und es ist deshalb fraglich, ob er von Vielen wirklich gelesen werden wird. Eine Menge des interessantesten Materials, auch für die Geschichte der Geodäsie, die ja mit der des „*Système métrique*“ untrennbar verbunden ist, wird mitgetheilt.

Für die Gradmessung des „*Méridienne de Paris*“ durch Delambre und Méchain, die als „*Base du Système métrique*“ noch die Utopie verfolgte, das Meter gleich dem 10-millionsten Theil der Länge des Erdmeridianquadranten zu machen, bringt z. B. der Verf. die Reproduktion einer Manuskriptkarte der Dreieckskette aus den Papieren von Delambre (an Stelle der Taf. IV, V, VI der *B. d. S. m.*). Die Geschichte der internationalen Meterkonvention wird von 1869 bis auf unsere Tage verfolgt; von den Gelehrten, die an der ersten Sitzung am 8. Aug. 1870 in Paris theilnahmen (zwei Tage nach der Schlacht bei Wörth; die Delegirten von Preussen, Bayern, Württemberg fehlten), sind nur noch ganz wenige am Leben.

Könnte man, nebenbei bemerkt, nicht auch auf Grund der internationalen Vereinbarung endlich dahin kommen, dass die *Bezeichnungen* für die einzelnen Maasse des metrischen Systems, z. B. „*qm*“, „*cbm*“ (die schweizerischen Vorschläge m^2, m^3 sind ja trotz ihrer Annahme durch das *Comité international* sehr wenig in Gebrauch gekommen) einheitlich aufgestellt würden? Ich gebe zu, dass dies weit weniger wichtig ist, als die Vereinheitlichung der Maasse selbst in den verschiedenen Ländern; aber die Sache hätte doch ihren Nutzen.

Höchst dankenswerth ist die Zeittafel am Schluss des Werks, die alle wichtigen Daten der langen Geschichte des metrischen Systems bis in den März 1896 aufzählt. Das erste Aktenstück dieser Geschichte (im engern Sinn) datirt vom 27. Juni 1789. Wie thätig die erste französische Republik in der Sache war, geht daraus hervor, dass der Verfasser aus Frankreich in den Jahren 1790 bis zur Thronbesteigung Napoleons, 18. Mai 1804, nicht weniger als 119 Gesetze, Erlasse und sonstige Aktenstücke aufzuzählen hat.

Es wäre zu wünschen, dass ein ähnliches, vielleicht etwas kürzer zu fassendes Werk auch in deutscher Sprache erschiene, damit auch bei uns, mehr als es durch die sehr verdienstliche Arbeit Bigourdan's geschehen wird, die z. Th. sonderbaren Legenden, die bei und seit der Jahrhundertfeier des metrischen Systems deutschen Lesern als Geschichte vorgesetzt worden sind, wieder verschwinden. Um nur eins anzuführen: nach dem Geometer-Kalender von Schlebach, Jahrgang 1900, Vorwort, soll Laplace „schon im Jahr 1740“ in Anregung gebracht haben, „das Längenmaass auf die Dimensionen der Erde zu gründen“; dieser Vorschlag ist bekanntlich lange vor Laplace gemacht worden, ferner ist Laplace erst im Jahre 1749 geboren worden. *Hammer.*

Th. Tapla, Grundzüge der Niederen Geodäsie. I. Methoden und Dispositionen (Dispositionslehre). gr. 8°. VI, 58 S. mit 2 Taf. Leipzig und Wien, F. Deuticke 1901. 2,50 M.

Der Verf. giebt eine Art Methodologie der Stückmessung in elementarer Form, die für das Gebotene etwas breit ist. Von Höhenmessung ist noch nicht die Rede. Das ganze System dieser Grundzüge ist dem Ref. nicht recht klar geworden. Im Sinn dieser Zeitschrift ist vorläufig nichts zu berichten, es wird auf das Werk vielleicht nach dem Erscheinen weiterer Theile zurückzukommen sein. *Hammer.*

J. Zacharias, Elektrische Verbrauchsmesser der Neuzeit, für den praktischen Gebrauch dargestellt. gr. 8°. XII, 351 S. m. 194 Abbildgn. im Text u. zahlreichen Tab. Halle, W. Knapp 1901. 15,00 M.

Bei der grossen Wichtigkeit, die die Zählertechnik in den letzten Jahren namentlich durch die demnächst in Kraft tretende gesetzliche Regelung des Verkaufes elektrischer Energie an das Publikum gewonnen hat, und bei dem gänzlichen Mangel an zeitgemässen Büchern über diesen Gegenstand ist es mit Dank zu begrüssen, dass der Verf. in seinem Werk über den Bau und die Eigenschaften der Zähler viel Wissenswerthes zusammengetragen hat. Es sind fast nur die in Deutschland z. Z. in Gebrauch und Betrieb befindlichen Zähler berücksichtigt. Für viele Interessenten wird der einen grossen Theil des Buches einnehmende Abschnitt, in welchem Auszüge aus allen auf Elektrizitätszähler ertheilten deutschen Patentschriften abgedruckt sind, von grossem Werth sein. *E. O.*

G. Roessler, Elektromotoren f. Wechselstrom u. Drehstrom. gr. 8°. VII, 230 S. m. 89 Fig. Berlin, J. Springer. Geb. in Leinw. 7,00 M.

Handbuch der Elektrotechnik, hrsg. v. Prof. Dr. C. Heinke. 9. Bd. Lex. 8°. Leipzig, S. Hirzel. Geb. in Leinw.

9. F. Niethammer u. E. Schulz, Elektromotoren u. elektr. Arbeitsübertragung. XIV, 195 S. m. 356 Fig. 1901. 18,00 M.

S. P. Thompson, Die dynamoelektrischen Maschinen. 6. Aufl. Nach C. Grawinkel's Uebersetzg. neu bearb. v. K. Strecker u. F. Vesper. gr. 8°. XI, 806 S. m. 541 Abbildgn. u. 22 Taf. Halle, W. Knapp 1901. 24,00 M.

R. Lorenz, Elektrochemisches Praktikum. gr. 8°. XIV, 234 S. m. 90 Abbildgn. Göttingen, Vandenhoeck & Ruprecht 1901. Geb. in Leinw. 6,00 M.

E. Weinschenk, Anleitg. z. Gebrauch d. Polarisationsmikroskops. gr. 8°. VI, 123 S. m. 100 Fig. Freiburg i. B., Herder 1901. 3,00 M.; geb. in Leinw. 3,50 M.

C. R. Fresenius, Anleitg. z. quantitativen chemischen Analyse. Für Anfänger u. Geübtere bearb. 6. Aufl. 3. Abdr. des 1877—1887 erschienenen Werkes. 2. Bd. gr. 8°. XVI, 871 S. m. Holzst. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1901. 18,00 M.

A. Berget, *La Photographie des Couleurs par la méthode interférentielle de Lippmann.* 2. vollst. umgearb. Aufl. 8°. VIII, 74 S. m. Fig. Paris 1901. 1,60 M.

A. Blondel, *Moteurs synchrones à courants alternatifs.* 8°. Mit 71 Fig. Paris 1901. 2,20 M.

T. A. Lyons, *A Treatise on the Electromagnetic Phenomena and on the Compass and its Deviations aboard Ship mathematical, theoretical and practical.* Vol. I. roy 8°. XV, 556 S. New York 1901. 26,50 M.

M. Cantor, Vorlesgn. üb. Geschichte d. Mathematik. III. Bd. 2. Abthlg. Abschn. XVII u. XVIII. 1700—1758. Mit 101 in den Text gedr. Fig. 2. Aufl. gr. 8°. X u. S. 263—923. Leipzig, B. G. Teubner 1901. 18,40 M.

Bd. III. Abth. 1. 1688—1699. S. 1—262 m. 45 Fig. 1900. 6,60 M. — Bd. I. Von den ältesten Zeiten bis 1200 n. Chr. 891 S. m. 1 Taf. u. 114 Fig. 1894. 22,00 M. — Bd. II. 1200—1668. 955 S. m. 190 Fig. 26,00 M.

F. Koenig, Feldmessen u. Nivelliren. gr. 8°. 68 S. m. 118 Fig. Bautzen, E. Hübner 1901. Geb. in Leinw. 1,60 M.

F. Müller, Mathematisches Vokabularium, französisch-deutsch u. deutsch-französisch, enthaltend die Kunstausdrücke aus der reinen und angewandten Mathematik. 2. Hälfte. Lex. 8°. IX—XIV u. S. 133—315. Leipzig, B. G. Teubner 1901. 11,00 M.; komplet in einem Leinw.-Bd. 20,00 M.

H. Weber, Die partiellen Differential-Gleichungen der mathematischen Physik. Nach Riemann's Vorlesgn. in 4. Aufl. neu bearb. II. (Schluss-)Bd. gr. 8°. XI, 527 S. m. Fig. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1901. 10,00 M.; geb. in Halbfrz. 11,60 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXI. Jahrgang. **Oktober 1901.** Zehntes Heft.

Thermometrische Untersuchungen.

Von
W. Schloesser in Charlottenburg.

Im ersten Bande der von der Kaiserlichen Normal-Aichungs-Kommission herausgegebenen wissenschaftlichen Abhandlungen sind Versuche mitgetheilt, durch die in dem Intervalle von 0° bis 50° der Anschluss einiger, mit 101, F 17 und F 20 bezeichneter Normalthermometer an die internationale Temperaturskale herbeigeführt worden ist. Inzwischen habe ich in Gemeinschaft mit den Hrn. Hermes und Dr. Brix weitere Versuche angestellt, über die ich im Folgenden berichten möchte.

Abgesehen von 101 und F 17 handelt es sich um die Thermometer F 30 und N, beide, wie die vorigen, aus Thüringer Glas; ferner um F 77 aus Jenaer Glas 14; endlich um F 412, 413, 378, 379 und 801 bis 806 aus Glas 16^{III}. Sämmtliche Instrumente sind Einschlussthermometer, die mit Ausnahme von N und 101 die Fuess'sche Skalenbefestigung haben. F 77 hat Theilung in $^1/_4$° R.; N ist arbiträr (angenähert in $^1/_{10}$° C.) getheilt; bei den übrigen, hunderttheiligen Thermometern schreitet die Theilung von F 17 und F 30 nach $^1/_5$°, die aller andern nach $^1/_{10}$° fort. Die mittlere Länge eines Grades beträgt bei F 77 und F 30 etwa 2,26 *mm*, bei F 17 etwa 2,94 *mm*, bei F 412 4,50 *mm* und schwankt bei den übrigen zwischen 3,96 und 4,25 *mm*. Die Breite eines Theilstrichs beträgt 0,08 bis 0,04 *mm*; sie entspricht bei F 77 0,03°, bei F 17, F 30 und 101 0,02°, bei den andern 0,014° bis 0,009°. Die Thermometer aus Thüringer Glas stammen aus dem Ende der siebziger Jahre des vorigen Jahrhunderts, die aus Glas 16^{III} sind 1890 (F 378 und 379), 1891 (F 412 und 413) und 1893 (F 801 bis 806) verfertigt, während F 77 aus 1884 stammt.

Zu den Vergleichungen wurden Thermometer aus französischem Hartglas von Tonnelot benutzt und zwar T 4321 bis 4324', 4626, 11493, 11494, 4635 (letzteres von der Abth. II der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt zur Verfügung gestellt). Es sind sämmtlich Stabthermometer ohne farbigen Streifen, von einer mittleren Gradlänge von 6 bis 7 *mm* und einer Breite der Theilstriche von etwa 0,005° (0,03 bis 0,04 *mm*). Ihre Fehler sind im *Bureau international des Poids et Mesures* in Sèvres bestimmt.

Die Thermometer 101, F 17, F 30, F 77 und T 4635 umfassen das Intervall 0° bis 100°; F 412, 413, N, T 4626 sind besonders für die Messung niedriger Temperaturen bestimmt, ihre Skale reicht von — 30° bis etwa + 50°; T 4321 bis 4324' umfassen das Intervall 0° bis 50°, T 11493 und 11494 dasjenige von 50° bis 100°. Die Vertheilung des gesammten Intervalls 0° bis 100° auf die Instrumente aus Glas 16^{III} erhellt aus den auf *S. 290* angegebenen Zahlen.

1. Bestimmung der Fehler und Konstanten der Thermometer.

Die *Theilung* der Thermometer aus Glas 16^{III} sowie von N ist gleichmässig ausgeführt, sodass von einer Berücksichtigung ihrer 0,003° nicht überschreitenden Fehler Abstand genommen werden konnte. Bei den übrigen Instrumenten ist die Theilung dem Kaliber angepasst, ihre Fehler sind jedoch nur bei 101, F 17 und F 30 bestimmt und berücksichtigt; bei F 77 ist die Bestimmung in Anbetracht der geringen Genauigkeit, die dieses Thermometer gewährleistet, unterblieben.

Ueber die *Bestimmung der Kaliberfehler* von 101 und F 17 ist in den *Wissensch. Abhandl. d. N. A. K.* ***1.*** *S. 29* das Nähere angegeben; für die übrigen Thermometer geschah sie nach der Neumann-Thiesen'schen Methode; die Fehler in der Nähe der isolirten Punkte wurden durch Spezialkalibrirungen ermittelt.

Zur *Bestimmung des Gradwerthes* wurde anfangs ein nach den Angaben Pernet's konstruirter Siedeapparat benutzt, der die Beobachtung des Standes der Quecksilbersäule in horizontaler und vertikaler Lage des Thermometers gestattet. Die Ergebnisse dieser Beobachtungen sind jedoch nur zur Ableitung der Koeffizienten für den innern Druck benutzt und der Gradwerth ist lediglich aus Versuchen mit einer kupfernen Rudberg'schen Siederöhre ermittelt, die zum Schutze gegen Abkühlung mit einem Asbestmantel umgeben war. Bei den Beobachtungen befanden sich die Thermometer vollständig im Wasserdampf. Der Luftdruck wurde an einem in $^1/_5$ *mm* getheilten, gut kompensirten Aneroid von Bohne abgelesen, das an ein Normalbarometer der N. A. K. angeschlossen worden war und dessen Standkorrektion an jedem Versuchstage von Neuem ermittelt wurde. Der Gradwerth selbst ist nach vielfachen Versuchen für die Instrumente aus Jenaer Glas aus den vier letzten Bestimmungen abgeleitet; für 101 und F 17 ist der in den *Wissensch. Abhandl.* ***1.*** *S. 35 u. 36* angegebene, für F 30 ein in früherer Zeit bestimmter angenommen worden.

Die *Koeffizienten für den äussern Druck* wurden mit Hülfe des bekannten Marek'schen Apparats ermittelt. Der vertikale Schenkel war mit Quecksilber gefüllt, in welches das Gefäss des Thermometers eintauchte, während über dem Quecksilber, bis nahe an den horizontalen Arm, sich Glyzerin befand. Um eine unregelmässige und unkontrolirbare Erwärmung der beiden Flüssigkeiten möglichst auszuschliessen, stand der vertikale Schenkel in einem langen, mit Wasser gefüllten Glase.

Im Allgemeinen dauerte es eine gewisse Zeit, bis das Gefäss des Thermometers unter der Einwirkung des starken Wechsels des Druckes in ein elastisches Gleichgewicht gekommen war, wenigstens zeigten die zuerst auftretenden Differenzen häufig einen Gang, der auf elastische Nachwirkungen schliessen liess; diese Beobachtungen wurden bei der Berechnung der Koeffizienten ausgeschlossen. Meist wurde ein schwach steigender Temperaturgang unterhalten, sowohl um die persönlichen Schätzungsfehler des Beobachters zu eliminiren, als auch um den unregelmässigen Einfluss der kapillaren Kräfte auf die Bildung der Kuppen zu vermeiden. In der Mehrzahl der Fälle treffen sowohl ein stärkeres Steigen der Temperatur, als auch ein stärkerer Druck mit einem grösseren Koeffizienten zusammen; eine Abhängigkeit der Grösse der Koeffizienten von diesen Umständen war jedoch nicht zu erkennen. Die Koeffizienten schwanken zwischen 0,00009° und 0,00014°, ihr Mittel beträgt 0,000114° pro *mm* Quecksilber. Die mittlere Abweichung der Einzelwerthe der Koeffizienten von ihrem Mittel beträgt ± 0,0000027, entsprechend etwa 0,002° bei der Beobachtung der Standänderung der Thermometer und 0,02 *mm* bei derjenigen des Druckes.

Besondere Mühe ist auf die *Bestimmung der Koeffizienten für den innern Druck* bei

den Thermometern aus Glas 16^{III} verwandt worden. Dies geschah einmal, weil die Gefässe dieser Thermometer nicht die Form haben — Zylinder, der an beiden Enden durch Halbkugeln abgeschlossen ist — wie sie die Ableitung der Koeffizienten für den innern Druck aus demjenigen für den äussern voraussetzt; sodann, weil es in Anbetracht der in die Kapillare eingeschalteten Erweiterungen fraglich erschien, ob es zulässig sei, für die ganze Erstreckung der Skale denselben Koeffizienten anzuwenden. In dieser Beziehung stehen die Einschlussthermometer den Stabthermometern nach, da die aus der verhältnissmässig dünnen Kapillare aufgeblasenen Erweiterungen unter Umständen so dünn werden können, dass sie dem Drucke der Quecksilbersäule stärker nachgeben, d. h. stärker ausgebaucht werden, als Gefäss und Kapillare. Der Werth der Koeffizienten unterhalb einer Erweiterung müsste dann kleiner sein, als oberhalb einer solchen. Um diese Frage zu entscheiden, wurden die Beobachtungen an drei verschiedenen Stellen der Skale angestellt und zwar in der Nähe von 100°, 0° und an einer Zwischenstelle; letztere war so gewählt, dass (mit Ausnahme von F 378 und 802, deren Hauptheilung von 50° bis 100° reicht) zwischen ihr und dem Striche 100 eine Erweiterung lag. Für die Ermittelung des Werthes bei 100° wurden zunächst diejenigen Beobachtungen herangezogen, die gelegentlich der Bestimmung des Fundamentalabstandes angestellt worden sind; später wurden dann sowohl unter Benutzung des Pernet'schen Siedeapparats, wie einer von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, Abth. II, geliehenen, sehr bequem zu handhabenden Siederöhre noch zahlreiche besondere Versuche angestellt. Um die Beobachtungen an den Zwischenpunkten anstellen zu können, wurde in die am Ende der Kapillare angebrachte Erweiterung etwas Quecksilber geschleudert und das Thermometer dann der Siedetemperatur des Wassers ausgesetzt. Zu den Beobachtungen bei 0° diente der später zu beschreibende Apparat.

Auf diese Weise sind sechs Beobachtungsreihen in der Nähe von 100°, vier bei 0° und fünf an den Zwischenpunkten angestellt. Die einzelnen Reihen sind zwar nicht vollständig gleichwerthig, indessen schien es nach mehrfacher Diskussion der Beobachtungen doch am zweckmässigsten, allen, mit Ausnahme einer bei 0°, die mehr beiläufig angestellt war und deshalb nur halbes Gewicht erhielt, das gleiche Gewicht zu geben und dann nach der Methode der kleinsten Quadrate die wahrscheinlichsten Werthe der Koeffizienten zu berechnen. Letztere mögen mit $\gamma_{i(m)}$, die für die einzelnen Stellen abgeleiteten bezw. mit $\gamma_{i(100)}$, $\gamma_{i(0)}$ und $\gamma_{i(t)}$ bezeichnet werden.

Es zeigt sich nun, dass nicht nur die Koeffizienten, die aus den Beobachtungen an verschiedenen Skalenstellen sich ergeben, sondern auch die an derselben Stelle, aber aus den verschiedenen Reihen abgeleiteten, öfter merklich von einander abweichen. Gegen den berechneten Mittelwerth $\gamma_{i(m)}$ betragen die Differenzen im Mittel:

	ohne Berücksichtigung des Vorzeichens	mit Berücksichtigung des Vorzeichens	Mittlerer Druck an den Beobachtungspunkten
$\gamma_{i(100)} - \gamma_{i(m)}$	± 0,000 0051	+ 0,000 0009	288 *mm*
$\gamma_{i(t)} - \gamma_{i(m)}$	113	+ 21	197 „
$\gamma_{i(0)} - \gamma_{i(m)}$	209	— 191	67 „

Um einen Anhalt für die Würdigung dieser Abweichungen zu geben, sei bemerkt, dass $\gamma_{i(m)}$ im Mittel 0,000 1392 beträgt, dass 0,001° in der Differenz der Ablesungen bei horizontaler und vertikaler Lage der Thermometer in $\gamma_{i(100)}$ 30 Einheiten der siebenten Stelle, in $\gamma_{i(0)}$ den zehnfachen Betrag ausmacht und dass an den verschiedenen Beobachtungstagen Unterschiede von 0,01° nicht selten vor-

kamen, auch mit Rücksicht auf den Einfluss sekundärer Fehlerquellen, wie namentlich den der Kapillarität, kaum zu vermeiden sind. Dass die ohne Rücksicht auf das Vorzeichen gebildeten Abweichungen mit abnehmendem Drucke wachsen, ist nur eine Bestätigung für den grossen Einfluss der Beobachtungsfehler bei niederen Drucken. Wenn aber die mit Berücksichtigung des Vorzeichens gebildeten Werthe $\gamma_{i(100)} - \gamma_{i(m)}$ und $\gamma_{i(t)} - \gamma_{i(m)}$ gering und positiv sind, während $\gamma_{i(0)} - \gamma_{i(m)}$ — 191 Einheiten der siebenten Stelle ergiebt, so lässt sich dieser zu kleine Werth von $\gamma_{i(0)}$ im Sinne unserer früheren Ausführungen auf die unter der Einwirkung des Druckes erfolgte stärkere Ausbauchung der Erweiterungen zurückführen. Bei den einzelnen Instrumenten ist die Wirkung dieses Umstandes nicht mit Sicherheit zahlengemäss nachzuweisen, sowohl wegen der relativ erheblichen Beobachtungsfehler bei der Beobachtung des Standes der Quecksilbersäule, als auch weil nur geringe Drucke in Frage kommen. Die Erweiterungen liegen so, dass, wenn das Quecksilber bei 100° steht, auf ihnen ein Druck lastet bei F 412, 413, 379, 801 von etwa 25 *mm*, bei F 805, 806 von etwa 100 *mm*, bei F 378 (F 802 muss wegen der schlechten Uebereinstimmung der einzelnen Koeffizienten mit dem mittleren ausser Betracht bleiben) etwa 245 *mm*, bei F 803, 804 etwa 260 *mm*. Nun betragen die mittleren Abweichungen $\gamma_{i(0)} - \gamma_{i(m)}$ bei F 412, 413, 379, 801: — 92, bei F 805 und 806: + 43, bei F 378: — 351 und bei F 803 und 804: — 413 Einheiten der siebenten Stelle, wachsen also, wie es der Voraussetzung entspricht, im Ganzen mit abnehmendem Drucke. Die zahlenmässigen Werthe sind indessen so unsicher, dass die Annahme verschiedener Koeffizienten für verschiedene Stellen der Skale nicht gerechtfertigt gewesen wäre und deshalb bei der Ableitung des Gradwerthes für die ununterbrochen gedachte Skale $\gamma_{i(m)}$ zu Grunde gelegt worden ist.

Es bleibt noch zu untersuchen, welches *Verhältniss zwischen den Koeffizienten für den innern und denen für den äussern Druck* besteht. Bezeichnen m, v die Koeffizienten für die Kompressibilität des Quecksilbers bezw. des Glases, bezogen auf 1 *mm* Quecksilberdruck, $q - g$ die mittlere scheinbare Ausdehnung des Quecksilbers im Glase, so besteht bekanntlich die Relation

$$\gamma_i = \gamma_e + \frac{m - v}{q - g}.$$

Für Thermometer aus Glas 16^{III} wird, wenn man in Uebereinstimmung mit dem *Bureau international* $m - v = 0{,}000\,000\,00246$ setzt,

$$\gamma_i = \gamma_e + 0{,}000\,0156.$$

Die Vergleichung beider Koeffizienten ergiebt nun Folgendes:

Bezeichng. des Therm.	Angaben in Einheiten der siebenten Stelle								
	γ_e	$\gamma_{i(100)}$	$\gamma_{i(t)}$	$\gamma_{i(0)}$	$\gamma_{i(m)}$	$\gamma_{i(100)} - \gamma_e$	$\gamma_{i(t)} - \gamma_e$	$\gamma_{i(0)} - \gamma_e$	$\gamma_{i(m)} - \gamma_e$
F 412	1314	1466	1527	1441	1487	+ 152	+ 213	+ 127	+ 173
413	1199	1420	1390	1154	1379	221	+ 191	— 45	180
378	1361	1580	1357	1166	1517	219	— 4	— 195	156
379	1316	1555	1481	1438	1525	239	+ 165	+ 122	209
801	1062	1316	1249	1277	1289	254	187	+ 215	227
802	952	1138	[2646]	803	1257	186	[1694]	— 149	305
803	981	1279	1414	1085	1306	298	427	+ 104	325
804	1247	1599	1460	950	1555	355	213	— 297	308
805	1028	1280	1755	1349	1313	252	727	+ 321	285
806	931	1300	1220	1315	1295	+ 361	+ 289	+ 414	+ 364
					Mittel	+ 254	+ 268	+ 62	+ 253

Die Tafel zeigt, dass nur bei den Thermometern F 412, 413, 378 und 379 $\gamma_{i(m)} - \gamma_e$ mit im Durchschnitt 0,0000179 dem theoretischen Werthe nahekommt. Die genannten Instrumente sind die einzigen, deren Gefässe den oben erwähnten Bedingungen wenigstens angenähert entsprechen. Von den mittleren Differenzen *aller* aufgeführten Instrumente war $\gamma_{i(0)} - \gamma_e$ um rund 100 Einheiten der siebenten Stelle kleiner als der theoretische Betrag, während die übrigen Differenzen um ebensoviel grösser sind als dieser. Für Stabthermometer aus französischem Hartglas und aus Glas 16^{III}, sowie für sechs Einschlussthermometer mit ununterbrochener Skale aus Thüringer Glas war dagegen nach den Beobachtungen der Reichsanstalt bezw. der Normal-Aichungs-Kommission $\gamma_{i(m)} - \gamma_e$ um 32 bezw. 23 Einheiten der siebenten Stelle kleiner als 0,0000156. Welche Umstände diese Verschiedenheit der Ergebnisse herbeigeführt haben, steht dahin. Jedenfalls kann es aber keinem Zweifel unterliegen, dass die Ermittelung des Koeffizienten für den innern Druck bei Einschlussthermometern durch die Einschaltung von Erweiterungen gestört und erschwert wird und dass bei derartigen Instrumenten, namentlich, wenn die Form des Gefässes den theoretischen Anforderungen nicht vollständig entspricht, dieser Koeffizient nicht ohne Weiteres aus dem für den äussern Druck abgeleitet werden darf. Es wäre deshalb zu wünschen, dass bei der Herstellung von Einschlussthermometern von den Fabrikanten mehr als bisher auf eine zweckentsprechende Form der Gefässe geachtet würde.

2. Vergleichung der Thermometer.

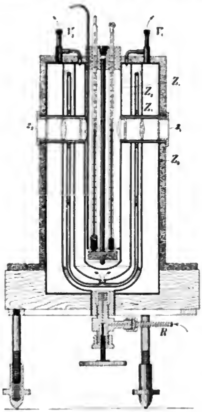
Der Anschluss der Thermometer aus Glas 16^{III} sowie von 101, N, F 17 (letzteres für die Intervalle 0° bis 30° und 60° bis 90°) an die internationale Temperaturskale wurde durch Vergleichungen mit den eingangs erwähnten Thermometern aus französischem Hartglas von Tonnelot ermittelt. Für das Intervall — 25° bis 0° (bei F 17 für dasjenige von 0° bis 30°) wurde Nr. 4626, für das von 0° bis 50° 4321 bis 4324′, für die Temperaturen von 60° bis 90° Nr. 11493, 11494 und 4635 benutzt. Ausserdem liegen für 101 auch Vergleichungen mit den Tonnelot'schen Thermometern 4250 und 4262 für das Intervall 2,5° bis 30° vor, die Hr. Pernet[1]), sowie für N solche mit Nr. 4480 und 4482 in Temperaturen unter 0° und mit 4431 bei + 20° und + 40°, die Hr. Chappuis in Sèvres ausgeführt haben. Für F 17 sind ferner auch Vergleichungen mit 101[1]) herangezogen, während die Reduktion von F 30 auf zahlreichen, allerdings meist gelegentlichen Vergleichungen mit 101 und F 17, diejenige von F 77 endlich auf Vergleichungen mit F 17 und F 20, sowie (für höhere Temperaturen) auf solchen mit Thermometern aus Glas 16^{III} beruht. Bei den Pernet'schen Vergleichungen, sowie bei den Chappuis'schen in Temperaturen über 0° befanden sich die Instrumente in horizontaler, bei allen übrigen Vergleichungen in vertikaler Lage.

Zur *Bestimmung der Eispunkte* wurde feingeschabtes, mit destillirtem Wasser getränktes Eis benutzt, das sich in einem mit Abfluss versehenen, zylindrischen Glasgefässe befand. Dieses war von einem ähnlich gestalteten Glasgefässe umgeben; der entstandene Zwischenraum wurde in der Regel mit Eis ausgefüllt. Später wurde für die Einschlussthermometer an Stelle dieses Apparats eine halbzylindrische, unten konisch zulaufende kupferne Rinne verwandt, die auch Beobachtungen bei horizontaler Lage der Thermometer gestattete. Die Vorrichtung hat doppelte Wandungen,

[1]) Mitgetheilt in *Wissensch. Abhandl. d. N. A. K.* **1**. *S. 39.*

deren Zwischenraum ebenso wie der der doppelwandigen Klappdeckel, durch welche die vordere Fläche der Rinne abgeschlossen werden kann, mit Infusorienerde ausgefüllt war. Die Thermometer erhielten Führung durch Ebonitklammern, die am obern Ende der Rinne angebracht waren; sie wurden ihrer ganzen Länge nach in Eis gebettet, indem dieses auch über die aus dem Apparat herausragenden Theile angehäuft wurde.

Zu den *Vergleichungen unter Null*, die, soweit mir bekannt, für Thermometer aus Glas 16^{III} zum ersten Male ausgeführt sind, wurde ein Apparat benutzt, der in Anlehnung an den von Hrn. Chappuis beschriebenen[2]) von Hrn. Hermes entworfen wurde und dessen Konstruktion aus der beistehenden Figur leicht ersichtlich ist. Ein senkrecht gelagerter kupferner Zylinder Z_1 von etwa 70 *mm* Durchmesser und 400 *mm* Höhe nahm die Thermometer auf und wurde bei den Vergleichungen mit Alkohol gefüllt. Die beiden zu vergleichenden Instrumente waren an einem geeigneten Halter befestigt, der, ebenso wie ein Rührer, durch einen den Zylinder Z_1 nach oben abschliessenden Kautschukstopfen geführt war. Zur Herstellung der gewünschten Temperatur wurde flüssige Kohlensäure benutzt, die aus einer Bombe durch das Rohr R eingeleitet wurde. Zur möglichsten Ausnutzung ihrer Verdampfungskälte passirte sie die beiden Z_1 konzentrisch umgebenden Zylinder Z_2 und Z_3 in der aus der Zeichnung ersichtlichen Weise und entwich, nachdem sie die durch die Verdampfung entstandene Temperaturerniedrigung zum grössten Theil an den Alkohol des innern Zylinders abgegeben hatte, durch die beiden Sicherheitsventile V_1 und V_2. Der Zylinder Z_3 war von einem vierten, mit Asche gefüllten Zylinder Z_4 umgeben, der nach aussen durch einen Filzmantel abgeschlossen wurde.



In ihrem obern Drittel waren in die vertikalen Zylinder an zwei einander gegenüberliegenden Stellen zwei kleine Zylinder z_1 und z_2 von 90 *mm* Länge und 60 *mm* Durchmesser eingeschoben, die an beiden Enden durch Glasplatten abgeschlossen waren und innen eine schwach vergrössernde Linse trugen; sie wurden später mit Alkohol gefüllt. Die Thermometer wurden so eingeklemmt, dass sich die zu vergleichenden Stellen in der Höhe der Ablesezylinder befanden, auf die von aussen das Licht einer Gasflamme geworfen wurde. Nach einiger Uebung gelang es leicht die gewünschte Temperatur herzustellen und durch wiederholtes Zuströmenlassen von Kohlensäure beliebig lange zu halten. Schwierigkeiten verursachte anfangs nur die Abdichtung der Ablesezylinder und das Verhüten des Beschlagens der äussern Glasscheiben. Letzteres wurde dadurch verhindert, dass die sauber geputzten Flächen öfter reichlich mit Alkohol befeuchtet wurden. Nach einigen Vorversuchen konnten an einem Tage bequem zwei Thermometer an sechs Punkten verglichen werden und die Vergleichungen machten keine grössere Mühe, als wenn sie in Temperaturen über

[2]) Chappuis, *Rapport sur les comparaisons effectuées aux températures basses etc., Procès-verbaux du Comité internat. des Poids et Mesures. Séances de 1891. S. 47.*

Null stattgefunden hätten. Der Hauptvortheil des Apparats besteht aber darin, dass die Korrektion für den herausragenden Faden vermieden wird, ein Vorzug, der für die Vergleichungen in niedern Temperaturen von besonderer Wichtigkeit und meines Wissens bisher von keinem andern Apparate erreicht worden ist.

Bei den *Vergleichungen in Temperaturen über 0°* befanden sich die Thermometer in einem grossen, mit Wasser gefüllten Glaszylinder, der in einem etwa 80 *l* fassenden, an geeigneten Stellen durch Glasscheiben unterbrochenen Kupfergefässe stand. Die Flüssigkeit im äussern Gefässe wurde durch starkes Zuführen von Luft mittels eines Blasebalgs in Bewegung gebracht; Schichtungen im Glaszylinder wurden durch heftiges Auf- und Abbewegen eines Messingrührers aufgehoben. Die Ablesestellen wurden durch Glühlämpchen beleuchtet, die, in Glasröhren eingeschoben, sich hinter den Thermometern befanden. In den höhern Temperaturen boten die Beobachtungen einige Schwierigkeiten, die namentlich durch die sehr verschiedenen Dimensionen der Instrumente verursacht wurden.

Vor den Vergleichungen (abgesehen von den ältern mit F 17, F 30 und F 77) wurden die Instrumente längere Zeit auf der betreffenden Temperatur gehalten; danach folgte die Bestimmung der Eispunkte, die nach beendeter Vergleichung wiederholt wurde. Das Mittel beider Bestimmungen wurde den Reduktionsrechnungen zu Grunde gelegt. Da der Verlauf der Depressionen für die Thermometer aus Hartglas und Glas 16^{III} nicht ohne Interesse ist, so lasse ich die Zahlen sowie eine Vergleichung der berechneten mit den von andern Beobachtern angegebenen folgen.

t	Depressionen d_t der Eispunkte der Thermometer					
	aus französischem Hartglas			aus Jenaer Glas 16^{III}		
	d_t beob.	d_t ber.	beob. − ber.	d_t beob.	d_t ber.	beob. − ber.
10	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
20	− 55	− 76	+ 21	− 33	− 25	− 8
30	143	166	+ 23	69	63	− 6
40	243	269	+ 26	124	114	− 10
50	410	386	− 24	172	178	+ 6
60	548	517	− 31	263	255	− 8
70	682	662	− 20	322	346	+ 24
80	783	821	+ 38	448	449	+ 1
90	− 0,0998	− 0,0993	− 0,0005	− 0,0577	− 0,0566	− 0,0011

Die unter „d_t ber." aufgeführten Grössen ergeben sich aus folgenden Formeln:

Für die Thermometer aus Hartglas $-0{,}000\,691\,(t-10) - 0{,}000\,006\,875\,(t-10)^2$,
für die Thermometer aus Glas 16^{III} $-0{,}000\,183\,(t-10) - 0{,}000\,006\,55\,(t-10)^2$.

Nach der folgenden Tafel hängen die Depressionen beider Glasarten merklich von dem Quadrate der Temperatur ab, während sie nach den in Sèvres und in der Reichsanstalt angestellten Beobachtungen nahezu linear verlaufen. Die Maximaldepression für *verre dur* ist hier grösser gefunden, als in den beiden andern Anstalten; für Glas 16^{III} ergiebt sie sich, mehr in Uebereinstimmung mit den von Böttcher und von Marek mitgetheilten Zahlen, ziemlich erheblich kleiner, als die von Thiesen, Scheel und Sell abgeleiteten. Die Ursache dieser Abweichungen muss dahingestellt bleiben.

t	Berechnete Depressionen d_t der Eispunkte der Thermometer							
	aus französischem Hartglas				aus Jenaer Glas 16^{III}			
	Guillaume[1]	Marek[2]	Reichsanstalt[3]	Schloesser	Böttcher[4]	Marek[2]	Reichsanstalt[3]	Schloesser
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	9	3	10	6	7	0	7	1
20	18	8	20	14	14	2	14	4
30	28	16	31	23	21	5	22	7_5
40	37	25	42	33	27	10	31	13
50	47	36	52_5	45	33_5	16	40	19
60	57	50	64	58	40	24	50	27
70	67_5	67	75	72	46	34	61	36
80	78	76	86	88	52	45	72	46
90	89	76	98	105_5	57	58	83_5	58
100	0,100	0,068	0,110	0,124	0,063	0,073	0,096	0,071

3. Ergebnisse der Vergleichungen.

Bei den *Vergleichungen* von 101, N und den Thermometern aus Glas 16^{III} mit den Tonnelot'schen Instrumenten sind stets vier unabhängige Reihen ausgeführt, und zwar in dem Intervalle 0° bis 50° je zwei mit 4321 und 4323, je zwei mit 4322 und 4324', bei 60°, 70°, 80° je zwei mit 11493 und 11494, je zwei mit 4635, bei 90° endlich je zwei mit 11494 und mit 4635. Für F 17 sind vier Reihen nur in Temperaturen über 50° angestellt, während für das Intervall bis 30° nur eine Reihe mit 4626 vorliegt. Bei den übrigen Thermometern ist die Anzahl der unabhängigen Vergleichungsreihen verschieden, meist aber eine relativ grosse. Die Ergebnisse der in der Nähe derselben Temperaturen angestellten Vergleichungen wurden gemittelt und die Angaben der als Normale betrachteten Thermometer durch eine nur wenige zehntausendstel Grad betragende Verbesserung auf diejenigen umgerechnet, die bestanden hätten, wenn von den verglichenen Thermometern genau die beabsichtigten runden Grade (10°, 20° u. s. w.) gezeigt worden wären. Gleicht man die so gewonnenen Zahlen aus, indem man den einzelnen Gleichungen ein der Anzahl der Beobachtungsreihen entsprechendes Gewicht ertheilt, so ergeben sich folgende Formeln:

$$t_T - t_{101} = -0{,}000\,020\,518\, t_{101}\,(100 - t_{101}) - 0{,}000\,000\,0016\, t_{101}\,(100 - t_{101})^2$$
$$t_{101} - t_{17} = -0{,}000\,003\,512\, t_{17}\,(100 - t_{17}) - 0{,}000\,000\,0049\, t_{17}\,(100 - t_{17})^2$$
$$t_T - t_{17} = -0{,}000\,034\,734\, t_{17}\,(100 - t_{17}) + 0{,}000\,000\,1125\, t_{17}\,(100 - t_{17})^2$$
$$t_T - t_N = -0{,}000\,024\,795\, t_N\,(100 - t_N) + 0{,}000\,000\,0576\, t_N\,(100 - t_N)^2$$
$$t_H - t_{30} = -0{,}000\,068\,955\, t_{30}\,(100 - t_{30}) - 0{,}000\,000\,2692\, t_{30}\,(100 - t_{30})^2$$
$$t_H - t_{77} = -0{,}000\,036\,908\, t_{77}\,(100 - t_{77}) - 0{,}000\,000\,3911\, t_{77}\,(100 - t_{77})^2$$
$$t_T - t_{16^{III}} = +0{,}000\,000\,172\, t_{16^{III}}\,(100 - t_{16^{III}}) - 0{,}000\,000\,0656\, t_{16^{III}}\,(100 - t_{16^{III}})^2$$

Die nach diesen Formeln berechneten Werthe sind nebst den beobachteten Grössen und den übrig bleibenden Fehlern in den nachstehenden Tafeln aufgeführt.

---

[1]) Guillaume, *Études thermométriques. Trav. et Mém. du Bureau intern. des Poids et Mesures* **5.** *S. 55.*

[2]) Marek, Gegenseitige Relation verschiedener Normalthermometer. *Diese Zeitschr.* **10.** *S. 283. 1890.*

[3]) Thiesen, Scheel und Sell, *Wissensch. Abhandl. d. Phys.-Techn. Reichsanstalt* **2.** *S. 170. 1895.*

[4]) Böttcher, Gang der Eispunktsdepressionen. *Diese Zeitschr.* **8.** *S. 411. 1888.*

Nach Grützmacher, Untersuchung von Thermometern aus ältern Glassorten. *Wissensch. Abhandl. d. Phys.-Techn. Reichsanstalt* **3.** *S. 241. 1900* haben die Ergebnisse der von ihm ausgeführten Eispunktsbestimmungen an Thermometern aus Glas 16^{III} „die von Böttcher im Jahre 1888 erhaltenen Resultate nur vollkommen bestätigt“.

Ergebnisse der Vergleichungen der Thermometer 101, F 17, N, F 30 und F 77 mit solchen aus französischem Hartglase und andern Thermometern.

t_{101}	$t_T - t_{101}$ 1) Beob.	Ber.	Beob. — Ber.
2,5 *	— 0,0027	— 0,0050	+ 0,0023
2,5	+ 6	50	+ 56
5 *	— 101	98	— 3
5	30	98	+ 68
10 *	235	186	— 49
10	182	186	+ 4
15 *	247	263	+ 16
15	270	263	— 7
20 *	315	330	+ 15
20	379	330	— 49
25 *	420	387	— 33
25	391	387	— 4
30 *	390	433	+ 43
30	442	433	+ 17
40	451	495	+ 44
45	569	510	— 59
50	522	515	— 7
60	460	494	+ 34
70	388	432	+ 44
80	375	329	— 46
90	— 0,0205	— 0,0185	— 0,0020

t_{17}	$t_{101} - t_{17}$ 2) Beob.	Ber.	Beob. — Ber.	$t_T - t_{17}$ Beob.	Ber.	Beob. — Ber.
5	— 0,0003	— 0,0019	+ 0,0016	— 0,0047	— 0,0114	+ 0,0067
10	— 73	36	— 37			
15	+ 2	50	+ 52	313	321	+ 8
20	— 65	62	— 3	457	412	— 45
25	36	73	+ 37	534	493	— 41
30	81	81	0	522	564	+ 42
35	113	87	— 26			
40	146	91	— 55			
45	54	94	+ 40			
50	86	94	+ 8			
60	87	89	+ 2	728	726	— 2
70				608	658	+ 50
78	— 0,0012	— 0,0062	+ 0,0050			
80				554	520	— 34
90				— 0,0331	— 0,0302	— 0,0027

t_N	$t_T - t_N$ 3) Beob.	Ber.	Beob. — Ber.
— 18 *	+ 0,0371	+ 0,0382	— 0,0011
17 *	385	359	+ 26
16 *	393	336	+ 57
10 *	188	203	— 15
8 *	+ 47	160	— 113
6 *	— 75	119	— 194
— 5 *	35	+ 98	— 133
+ 2,5	27	— 47	+ 20
5	14	92	+ 78
10	129	177	+ 48
15	242	254	+ 12
20 *	309	323	+ 14
20	372	323	— 49
25	449	384	— 65
30	532	436	+ 96
40 *	561	512	— 49
40	493	512	+ 19
45	482	535	+ 53
50	— 0,0516	— 0,0518	+ 0,0032

t_{30}	$t_H - t_{30}$ Beob.	Ber.	Beob. — Ber.
5	— 0,0494	— 0,0449	— 0,0045
10	824	839	+ 15
15	1213	1171	— 42
20	1441	1448	+ 41
25	1735	1672	— 63
30	1780	1844	+ 63
35	1902	1967	+ 65
40	2077	2043	— 36
45	2036	2073	+ 37
50	2065	2060	— 5
60	1918	1913	+ 5
78	1295	1285	— 10
85	— 0,1052	— 0,0931	— 0,0121

t_{77} in °C.	$t_H - t_{77}$ Beob.	Ber.	Beob. — Ber.
10	— 0,0792	— 0,0675	— 0,0117
19	1166	1085	— 81
25	1224	1266	+ 42
30	1280	1365	+ 85
39	1389	1439	+ 50
50	1400	1375	— 25
60	1175	1200	+ 25
70	1184	945	— 239
80	596	640	+ 44
90	— 0,0182	— 0,0315	— 0,0167

1) Die Differenzen $t_T - t_{101}$ bis 50° sind bereits in den *Wissensch. Abhandl. d. N. A. K.* **1.** *S. 39* mitgetheilt. Bei den mit * versehenen Beobachtungen Pernet's befanden sich 101 und die Tonnelot'schen Thermometer in horizontaler Lage.

2) Nach *Wissensch. Abhandl. d. N. A. K.* **1.** *S. 41.*

3) Die durch einen * ausgezeichneten Beobachtungen rühren von Hrn. Chappuis her; sie haben wegen der geringern Anzahl der Beobachtungen bei der Ausgleichung das Gewicht 1, die übrigen das Gewicht 2 erhalten. Bei den Chappuis'schen Beobachtungen in der Nähe von 20° und 40° befanden sich N und die Tonnelot'schen Thermometer in horizontaler Lage.

Ergebnisse der Vergleichungen der Thermometer aus Jenaer Glas 16^{III} mit solchen aus französischem Hartglas.

$t_{Therm.}$	$t_T - t_{412}$	$t_T - t_{413}$	$t_T - t_{379}$	$t_T - t_{801}$	$t_T - t_{803}$	$t_T - t_{804}$	$t_T - t_{378}$	$t_T - t_{802}$	$t_T - t_{805}$	$t_T - t_{806}$	Mittel $t_T - t_{16^{III}}$	Ber.	Beob. — Ber.
− 25	+ 0,0176 − *75*	+ 0,0354 + *103*									+ 0,0265	+ 0,0251	+ 0,0014
− 20	+ 138 − *47*	+ 256 + *71*									+ 197	+ 185	+ 12
− 15	+ 76 − *51*	+ 230 + *103*									+ 153	+ 127	+ 26
− 10	+ 52 − *25*	+ 169 + *92*									+ 110	+ 77	+ 33
− 5	− 5 − *40*	+ 95 + *60*									+ 45	+ 35	+ 10
+ 10	− 47 + *5*	+ 19 + *71*	+ 0,0031 + *83*	− 0,0071 − *19*							− 17	− 52	+ 35
20	− 66 + *15*	− 11 + *70*	− 6 + *75*	− 118 − *37*							− 50	− 81	+ 31
30	− 86 + *7*	− 118 − *25*	− 55 + *38*	− 139 − *46*	− 0,0054 + *39*	− 0,0123 − *30*					− 96	− 98	− 3
40	− 64 + *26*	− 48 + *42*	− 5 + *85*	− 93 − *3*	− 82 + *8*	− 117 − *27*					− 68	− 90	+ 22
50			− 14 + *64*	− 44 + *34*	− 79 − *1*	− 143 − *65*	− 0,0089 − *11*	− 0,0060 + *18*	− 0,0069 + *9*	− 0,0082 − *4*	− 73	− 78	+ 5
60					− 91 − *32*	− 150 − *91*	− 78 − *19*	− 36 + *23*			− 89	− 59	− 30
70					− 43 − *5*	− 105 − *67*	− 7 + *31*	+ 50 + *88*			− 26	− 38	+ 12
80							− 103 − *85*	− 76 − *58*	+ 2 + *20*	+ 66 + *84*	− 28	− 18	− 10
90							− 80 − *76*	− 79 − *75*	0 + *4*	− 8 − *4*	− 42	− 4	− 38

4. Diskussion der Ergebnisse der Vergleichungen.

Aus den vorstehend aufgeführten Ergebnissen ist zunächst von Interesse, dass innerhalb des Intervalls 0° bis 50° die Relation von 101 zum Wasserstoffthermometer durch Berücksichtigung der Vergleichungen über 50° von den in den *Wissensch. Abhandl. d. N. A. K.* **1.** *S. 40* mitgetheilten Zahlen keine grössere Abweichung als 0,002° zeigt; die dort ausgesprochene Annahme, dass diese Relation bis auf 0,003° festgelegt sei, hat somit ihre Bestätigung gefunden. Mit 101 vollständig identisch hat sich N erwiesen, sodass hierdurch die Skale des erstern Thermometers auch für negative Temperaturen festgelegt ist. Etwas stärker, bis zu 0,015°, weichen die über 101 abgeleiteten Differenzen $t_T - t_{17}$ von den direkt gewonnenen ab; die aus den Mittelwerthen folgende Gangdifferenz $t_H - t_{17}$ ist demnach von der *a. a. O.* **1.** *S. 44* angegebenen höchstens um 0,008° verschieden.

Für die Instrumente aus Glas 16^III^ ist nur die der Glasart als solcher zukommende Gangdifferenz gegen die Angaben der Thermometer aus *verre dur* rechnerisch ermittelt. Wenn auch die beobachteten Mittelwerthe sich den nach der Formel berechneten sehr gut fügen, so zeigen sich bei den einzelnen Thermometern doch beträchtlichere Abweichungen, die unter die beobachteten Differenzen *kursiv* gesetzt sind und im Mittel betragen bei:

Thermometer	ohne Berücksichtig. d. Vorzeichens	mit Berücksichtig. d. Vorzeichens	Thermometer	ohne Berücksichtig. d. Vorzeichens	mit Berücksichtig. d. Vorzeichens
F 412	0,0032°	— 0,0021°	F 804	0,0056°	— 0,0056°
413	71	+ 65	378	44	— 32
379	69	+ 69	802	52	— 1
801	28	— 14	805	11	+ 11
803	17	+ 2	806	31	+ 28

Als mittlere Abweichung aller Thermometer ergiebt sich ± 0,005°.

Nach Versuchen, die in der Reichsanstalt von den Hrn. Thiesen, Scheel und Sell angestellt worden sind[1]), beträgt die Gangdifferenz zwischen Thermometern aus französischem Hartglas und solchen aus Glas 16^III^ in 0,0001°

bei	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
	— 47	— 83	— 109	— 124	— 129	— 124	— 109	— 83	— 47,

es bestehen demnach gegen die oben berechneten Werthe die folgenden Differenzen:

+ 5 — 2 — 16 — 34 — 51 — 69 — 71 — 65 — 43.

Zur Erklärung dieser Differenzen könnte man zunächst daran denken, dass hier bei der Vergleichung der Thermometer oder der Bestimmung ihrer Konstanten systematische Fehler begangen seien. In letzterer Beziehung könnten wohl nur Fehler bei der Bestimmung der Siedepunkte und der Koeffizienten für den innern Druck in Frage kommen, derart, dass den Reduktionsrechnungen ein zu hoher Gradwerth zu Grunde gelegt worden wäre. Da bei der Bestimmung des Luftdrucks ein systematischer Fehler nicht anzunehmen ist, so müsste der Druck im Siedeapparat selbst zu hoch bestimmt worden sein. Obwohl dies an sich nicht ausgeschlossen ist, da das am Siedeapparat angebrachte Manometer keine sehr genauen Messungen gestattete, so haben die Beobachter einen solchen Eindruck doch nicht gewonnen, vielmehr gerade mit Rücksicht auf diese Fehlerquelle alle erdenkliche Vorsicht an-

[1]) Thiesen, Scheel und Sell, Thermometrische Arbeiten, betr. die Vergleichung von Quecksilberthermometern unter einander. *Wissensch. Abhandl. d. Phys.-Techn. Reichsanstalt* **2.** *S. 40. 1895.*

gewandt. Eher könnte es sein, dass die Koeffizienten für den innern Druck zu gross angenommen wären, womit das positive Vorzeichen der Differenz $\gamma_{i(m)} - \gamma_e$ in Einklang stehen würde. Es ist jedoch hervorzuheben, dass in den Abweichungen der einzelnen Thermometer eine Abhängigkeit von der Grösse der für dasselbe Instrument bestehenden Differenz $\gamma_{i(m)} - \gamma_e$ nicht zu erkennen ist.

Von den Vergleichungen könnten nur die bei Temperaturen unter 0° Anlass zu Bedenken geben, insofern hier bei den Einschlussthermometern (F 412 und 413) es an einem sichern Mittel zur Vermeidung der Parallaxe fehlte, wie es bei Stabthermometern die Lesung des um 180° gedrehten Instruments giebt. In der That zeigen auch die Differenzen zwischen beiden Thermometern, die in Temperaturen über 0° nicht systematisch sind und 0,007° nicht erreichen, unter 0° einen Gang und steigen auf 0,018° an. Die Versuche sind nun so angestellt, dass nach Bestimmung der Eispunkte die Vergleichungen mit einer solchen in der Nähe von 0° begannen. Im Mittel aus vier Reihen ergab sich dabei T 4626 — F 412 = — 0,0002°, also, wie es sein muss, sehr nahe gleich 0, T 4626 — F 413 dagegen zu + 0,0036°. Soll diese Differenz auf parallaktischen Fehlern beruhen, so müsste F 413 bei den Vergleichungen nach vorn geneigt gewesen sein, und da die zu vergleichenden Skalenstellen bei den Beobachtungen immer in dieselbe Lage vor den Ablesezylinder gebracht sind, so wäre anzunehmen, dass F 413 auch an diesen andern Stellen mindestens um 0,0036° zu hoch abgelesen worden ist. Die der Ausgleichung zu Grunde gelegten Werthe wären aber durch Berücksichtigung dieser immerhin zweifelhaften Korrektion nur um 0,002° geändert worden; ich habe deshalb davon Abstand genommen, sie anzubringen.

Zu einem andern Theile könnten die Differenzen dadurch entstanden sein, dass die hier benutzten Thermometer aus verschiedenen Jahren und jedenfalls aus verschiedenen Glasflüssen stammen, sowie, dass hier 10 bezw. 8 Thermometer, in der Reichsanstalt dagegen je drei zur Ableitung der Gangdifferenzen gedient haben. Bei der notorischen Verschiedenheit der Angaben verschiedener Thermometer aus derselben Glasart (für die auch in der angeführten Abhandlung von Thiesen, Scheel und Sell auf *S. 44* zwei auffallende Beispiele angeführt sind) würden deshalb bei Benutzung einer grössern Anzahl von Instrumenten die Reduktionszahlen der Reichsanstalt muthmaasslich andere geworden sein. Hätten andrerseits unsere Versuche zufällig sich nur auf die Thermometer F 378, 412, 801 und 804 erstreckt, so wären die betreffenden Zahlen denen der Reichsanstalt näher gekommen.

Ferner kommt in Betracht, dass zur Ableitung der Gangdifferenz hier auch Vergleichungen unter 0°, in der Reichsanstalt dagegen nur solche über 0° benutzt worden sind. Wäre dieser Umstand von Bedeutung gewesen, so müssten, wenn die Gangdifferenz nur aus den Beobachtungen über 0° abgeleitet würde, die Abweichungen beider Zahlenreihen geringer werden. Dies ist aber nicht der Fall, da die Werthe, welche aus der diese Beobachtungen wiedergebenden Formel

$$t_T - t_{16}\text{III} = -0{,}000\,001\,743\, t_{16}\text{III}\,(100 - t_{16}\text{III}) - 0{,}000\,000\,0250\, t_{16}\text{III}\,(100 - t_{16}\text{III})^2$$

folgen, gegen die der Reichsanstalt die nachstehenden Differenzen zeigen

— 11 — 23 — 36 — 46 — 54 — 58 — 57 — 47 — 29.

Wären andrerseits die zwischen 0° und 50° benutzten Thermometer von den in höheren Temperaturen benutzten systematisch verschieden, so müssten auch die Zahlen, die man durch Extrapolation der aus den Vergleichungen zwischen 0° und 50° gewonnenen Formel

$$t_T - t_{16}\text{III} = -0{,}000\,001\,702\, t_{16}\text{III}\,(100 - t_{16}\text{III}) - 0{,}000\,000\,0252\, t_{16}\text{III}\,(100 - t_{16}\text{III})^2$$

erhält, von den aus den Beobachtungen zwischen 0° und 100° abgeleiteten systematisch verschieden sein. Da aber beide Formeln dieselben Werthe ergeben, so ist anzunehmen, dass die benutzten Gruppen der Thermometer in sich übereinstimmende Angaben gemacht haben.

Es bliebe noch die Möglichkeit, dass die Thermometer von den bei den Versuchen der Reichsanstalt benutzten systematisch verschieden wären. Wenn auch diese Frage mit Sicherheit nur durch direkte Vergleichungen entschieden werden könnte, so bietet sich doch ein Anhaltspunkt in solchen Thermometern, die sowohl in der Reichsanstalt, wie in der Normal-Aichungs-Kommission verglichen worden sind. Es sind dies F 20, ferner die gleichalterigen und aus demselben (Thüringer) Glase bestehenden F 28 und F 30, sowie die aus Jenaer Glas 14 verfertigten und aus demselben Jahre stammenden F 77 und 78. Die betreffenden Zahlen sind in der weiter folgenden Tabelle (auf *S. 295 u. 296*) angegeben; die zugehörigen Differenzen zeigt das nachstehende Täfelchen.

t	$t_{28} - t_{30}$	$t_{78} - t_{77}$	$t_{20} - t_{20}$ (P. T. R. — N. A. K.)	$t_{16}III - t_{16}III$ (P. T. R. — N. A. K.)
10	— 0,001	— 0,009	— 0,006	+ $0,000_5$
20	2	12	8	0
30	5	11	8	— 2
40	6	9	7	3
50	7	— 4	— 5	5
60	8	0	0	7
70	8	+ 4	+ 1	7
80	6	6	2	6_5
90	— 0,004	+ 0,006	+ 0,001	— 0,004

Wenn man berücksichtigt, dass F 77 und 78 in $^1/_4$° R., F 28, 30 und F 20 in $^1/_5$° C. getheilt sind und dass die Depression von F 28 und F 30 0,7° beträgt, so wird man die Abweichungen an sich als sehr geringfügig erklären und zugleich als einen Beweis für die Genauigkeit der Beobachtungen betrachten dürfen. Da aber der Sinn der Abweichungen der vier Instrumentengruppen trotz einzelner Verschiedenheiten im Ganzen der gleiche ist, so scheint es in der That nicht ausgeschlossen, dass sie zum Theil auf eine Verschiedenheit der Angaben der Tonnelot'schen Thermometer, auf denen die Normalskale beider Anstalten beruht, zurückzuführen sind.

Dass zwischen den Angaben von Thermometern aus *verre dur* Differenzen von mehr als 0,01° auftreten können, ist schon in den *Wissensch. Abhandl. d. N. A. K.* **1.** nachgewiesen und durch die vorliegenden Beobachtungen bestätigt worden. Allerdings sind die Instrumente unter einander nicht systematisch verglichen, sondern nur an 4321 bis 4324' angeschlossen und zwar 4626 bei 10°, 20°, 30°, die übrigen bei 50°. Dabei ergab sich gegen die mittlern Angaben der vier Thermometer, die mit t_T bezeichnet werden mögen, für 4626 keine grössere Abweichung als 0,002°; bei 50° war

$$t_T = t_{4635} - 0{,}0003°, \quad = t_{11493} - 0{,}0026°, \quad = t_{11494} - 0{,}0048°.$$

Aus den Vergleichungen mit den übrigen Thermometern haben sich die in den folgenden Tafeln (in deren zweiter $t_{T'}$ das Mittel der Angaben von 4635, 11493 und 11494, bezw. für 90° das Mittel aus 4635 und 11496 bedeutet) aufgeführten Grössen ergeben:

t_T	$t_T - t_{4321}$	$t_T - t_{4322}$	$t_T - t_{4323}$	$t_T - t_{4324}'$
10	— 0,0014	+ 0,0029	— 0,0015	0,0000
20	+ 16	16	12	— 20
30	54	3	21	35
40	66	26	27	64
50	+ 0,0029	+ 0,0030	— 0,0023	— 0,0035

$t_{T'}$	$t_{T'} - t_{4635}$	$t_{T'} - t_{11493}$	$t_{T'} - t_{11494}$
50	— 0,0023	— 0,0000	+ 0,0022
60	53	1	+ 54
70	— 53	5	58
80	0	— 45	+ 46
90	+ 0,0014	—	— 0,0014

Die in dem ersten Täfelchen angegebenen Zahlen stimmen mit den in den *Wissensch. Abhandl. d. N. A. K. 1. S. 45* mitgetheilten, die lediglich aus den Vergleichungen mit 101 abgeleitet sind, bis 40° im Mittel auf 0,001° überein, weichen jedoch von denjenigen für 50° im Mittel um 0,0034° ab. In welchem Maasse durch diese Verschiedenheit der Angaben der Thermometer der Uebergang auf die internationale Skale beeinflusst wird, lässt sich nicht mit Bestimmtheit angeben, da die Instrumente mit den direkt angeschlossenen Normalen nur an einzelnen Punkten verglichen worden sind. Nach den von dem *Bureau international* ausgestellten Zertifikaten machte bei diesen Vergleichungen das Thermometer T 4635 bei 20° um 0,003°, bei 40° um 0,005°, T 4626 bei — 16° um 0,008° niedrigere Angaben, als die direkt angeschlossenen Normale. Letztere Abweichung wird auf die Unsicherheit der Vergleichungen in niedrigen Temperaturen zurückgeführt, von den erstern heisst es, sie zeigten „*que l'échelle donnée par le thermomètre 4635 est sensiblement identique à l'échelle normale des thermomètres en verre dur du Bureau*“. T 4324 zeigte *vor* seiner in Folge einer Beschädigung erforderlich gewordenen Reparatur bei 20°, 30°, 40° keine grössere Abweichung, als 0,002°; ob diese vollständige Uebereinstimmung aber auch für das reparirte Instrument besteht, muss dahingestellt bleiben. Für T 11493 und 11494 sind keine Vergleichungen mit direkt angeschlossenen Normalen angeführt.

5. Schlussbetrachtungen.

Wenn nun auch nach der Gesammtheit der vorstehenden Ausführungen es wahrscheinlich ist, dass die den *einzelnen* hier benutzten Thermometern aus *verre dur* zukommende Reduktion auf das Wasserstoffthermometer von der im *Bureau international* für diese Glasart angenommenen etwas abweicht, so ist andrerseits doch anzunehmen, dass das *Mittel* der mit diesen Zahlen reduzirten Angaben der einzelnen zusammengehörigen Instrumente auch der entsprechenden Temperatur in der internationalen Skale sehr nahe kommen werde. Die auf diese Weise gewonnenen Gangdifferenzen der untersuchten Thermometer habe ich in der folgenden Tabelle übersichtlich zusammengestellt. Da indessen jetzt durch die Arbeiten der Reichsanstalt, des *Bureau international*, sowie einzelner Beobachter die Untersuchungen über die Relation von Thermometern aus verschiedenen Glasarten zu einem gewissen Abschluss gelangt sind, so schien es mir zweckmässig, in diese Tabelle ausser den eigenen Zahlen auch die von andern Beobachtern mitgetheilten Ergebnisse aufzunehmen.

Glasart	Kaliglas		Thüringer Glas		Uranglas	Thüringer Glas			
Jahr	1835	1848	1835[2])	1856[2])	1856	1860	1874	1877	1877
Bezeichnung	E[1])	Ia u. IIa[2])	—	—	9683[2])	V[4])	101[5])	N	F 17
− 25°								+ 0,286	
20								215	
15								151	
10								94	
− 5								+ 0,043	
+ 10	− 0,030	− 0,060	− 0,086	− 0,047	− 0,065	− 0,051	− 0,070	− 0,069	− $0,073_5$
20	47	104	149	81	110	83	117	117	125
30	48	131	191	104	137	101	145	146	156
40	46	143	213	115	148	106	157	159	170
50	39	143	216	116	145	101	154	157	170
60	29	131	201	107	131	89	140	144	156
70	18	110	171	91	107	71	115	121	131
80	9	80	127	67	77	49	83	88	96
90	− 0,004	− 0,043	− 0,069	− 0,036	− 0,039	− 0,025	− 0,044	− 0,048	− 0,053
Depression für 100°:	$0,17_5$°	$0,17_5$°	0,16°	0,6°	0,4°	0,77°	0,44°	0,4°	0,46°

Glasart	Thüringer Glas						XII[4]	14	
Jahr	1877	1877	1878	1878	1878	1888[3])	1884	1884	1884
Bezeichnung	F 20[6])	F 20[7])	12486[2])	F 28[2])	F 30	—	120[2])	F 77	F 78[2])
10°	− 0,085	− 0,079	− 0,077	− 0,085	− 0,084	− 0,072	− 0,077	− 0,065	− 0,074
20	137	129	129	147	145	125	128	109	121
30	163	155	159	189	184	159	157	135	146
40	168	161	171	210	204	178	167	145	154
50	157	152	166	213	206	180	161	141	145
60	131	131	148	199	191	168	142	126	126
70	101	102	120	170	162	143	113	102	98
80	67	69	83	125	119	106	77	72	66
90	− 0,033	− 0,034	− 0,043	− 0,069	− 0,065	− 0,058	− 0,039	− 0,037	− 0,031
Depression für 100°:	0,14°		0,17°	0,67°	0,70°	0,61°	0,06°	0,10°	

[1]) Nach *Metron. Beitr. Nr. 3. d. N. A. K. S. 35* ist $t_{101} - t_E = 0{,}0000462\, t\,(100 - t)$.

[2]) Grützmacher, *a. a. O. S. 264 u. 265.*

[3]) Marek, Gegenseitige Relation verschied. Quecksilbertherm., *diese Zeitschr.* **10.** *S. 283. 1890.*

[4]) Nach *Metron. Beitr. Nr. 3. S. 34* ist $t_{101} - t_V = 0{,}00002105\, t\,(100 - t)$.

[5]) Nach *Metron. Beitr. Nr. 3. S. 34* stimmen mit 101 die Thermometer aus „Thüringer“ Glas I, II (aus 1872), II, III (aus 1877) und IV (aus 1870) überein.

[6]) Grützmacher, *a. a. O.*, nach Vergleichungen von Wiebe, *diese Zeitschr.* **10.** *S. 438. 1890.*

[7]) Nach *Wissensch. Abhandl. d. N. A. K.* **1.** *S. 44.*

Glasart	XIV^{III}	16^{III}			18^{III}	20^{III}	XXI	59^{III}		122^{III}
Jahr	1884	—	—	1890—93	1885	1885	1884	—	—	—
Bezeichn.	120 [1])	— [2])	— [3])	—	272,273 [1])	135 [1])	150 [1])	— [3])	— [4])	— [4])
— 25°				+ 0,258						
20				191						
15				132						
10				81						
— 5				+ 0,037						
+ 10	— 0,051	— 0,060	— 0,056	— 0,057	— 0,028	— 0,054	— 0,069	— 0,024	— 0,024	— 0,005
20	83	100	93	93	44	94	122	35	36	6
30	101	125	113	112	52	121	159	38	39	— 2
40	106	134	120	116_5	51	134	180	34	36	+ 1
50	100	132	116	110_5	45	136	186	26	30	4
60	86	118	103	96	35	127	178	16_5	21	8
70	67	96	83	76	24	108	154	8	11	9
80	45	86	58_5	52	13	80	117	— 1	— 6	7
90	— 0,022	— 0,035	— $0,030_5$	— 0,026	— 0,004	— 0,044	— 0,065	+ 0,002	0,000	+ 0,006
Depression für 100°:	0,07°	0,07°			$0,03_5$°	0,32°	0,68°	0,03°		0,02°

Glasart	Verre dur [5])	Resistenzglas [4])	Engl. Kryst. [6])	Choisy-le-Roi [7])	Alvergniat [2])	Crist. dur [8])	Crist. ordin. [8])
10°	— 0,052	— 0,066	— 0,008	— 0,007	— 0,060	— 0,064	— 0,067
20	85	108	— 1	— 4	100	106	112
30	102	131	+ 17	+ 4	125	130	137
40	107	140	37	14	134	138	147
50	103	135	57	25	132	134	144
60	90	119	73	33	118	120	130
70	72	95	79	37	96	97	107
80	50	68	70	32	68	69	76
90	— 0,026	— 0,034	+ 0,046	+ 0,022	— 0,035	— 0,036	— 0,041
Depression für 100°:	0,10°	0,13°	0,27°	—	0,29°	0,41°	—

[1]) Grützmacher, *a. a. O. S. 264 u. 265.*

[2]) Marek, *a. a. O. S. 283*; die Glasart ist als „französisches Krystallglas" angegeben.

[3]) Thiesen, Scheel und Sell, Vergleichungen von Quecksilberthermometern unter einander. *Diese Zeitschr.* **15.** *S. 438. 1895.* Hier ist die Differenz $t_{verre\ dur} - t_{16^{III}}$ bezw. $t_{verre\ dur} - t_{59^{III}}$ angegeben.

[4]) Grützmacher, Reduktion der Angaben von Quecksilberthermometern aus Jenaer Glas 59^{III} und 122^{III}, sowie von Resistenzglas auf das Luftthermometer. *Diese Zeitschr.* **15.** *S. 250. 1895.* Die in dieser Abhandlung mitgetheilten Reduktionen sind mit den in *Wied. Ann.* **68.** *S. 769. 1899* angegebenen Zahlen auf die Skale des Wasserstoffthermometers umgerechnet.

Die wesentlichen Bestandtheile des Resistenzglases von Greiner & Friedrichs in Stützerbach sind folgende:

$$SiO_2\ 72,\quad Al_2O_3\ 4,\quad CaO\ 11,\quad Na_2O\ 13.$$

Die Depression der Thermometer aus diesem Glase hat nach den Beobachtungen der Hrn. Hermes und Brix einen durchaus linearen Verlauf und beträgt für 100° 0,11°. Da die Thermometer neu waren, so würde sich der angegebene Werth um 0,02° bis 0,03° erhöhen.

Den Ausdehnungskoeffizienten des Glases habe ich für das Intervall 0° bis 40° an sieben Schwimmkörpern bestimmt und im Mittel zu 0,00002459 + 0,0000000333 t gefunden. Die mittlere Ausdehnung zwischen 0° und 100° würde hiernach 0,00002792 betragen, also erheblich grösser sein, als die von Glas 16^{III}, für welche die Beobachtungen der Reichsanstalt (*Wissensch. Abhandl. d. P. T. R.* **2.** *S. 129. 1895*) 0,00002450 ergeben haben. Glas 16^{III} enthält ebensoviel Na_2O wie das Resistenzglas und unter-

Ueberblicken wir die vorstehende Zusammenstellung, so zeigt sich zunächst die grosse Mannigfaltigkeit der Reduktionen, namentlich bei den Thermometern aus Thüringer Glas. Und wenn eine hervorragende Werkstätte in demselben Jahre drei Thermometer liefert (F 20, N, F 17), deren Depression zwischen 0,14° und 0,46° schwankt, im nächsten Jahre weitere zwei (F 28 und F 30) mit einer Depression von 0,7° und einer erheblich grössern Reduktion auf das Wasserstoffthermometer, so treten die Fortschritte, die seit jener Zeit durch die Thätigkeit des Glastechnischen Laboratoriums von Schott & Gen. in Jena und seiner Mitarbeiter auf dem Gebiete der Thermometrie herbeigeführt worden sind, um so deutlicher zu Tage.

Dass die Verschiedenheit der in ihren maximalen Werthen zwischen + 0,08° und — 0,22° schwankenden Reduktionen wesentlich durch die chemische Zusammensetzung der Thermometer bedingt ist, ist ohne Weiteres klar. Die Gläser mit *einem* Alkali haben, worauf schon Hr. Grützmacher hingewiesen hat, relativ geringe Abweichungen; bei dem von Alkalien freien Glase 122^{III} besteht fast vollständige Uebereinstimmung. Die bekannten Fälle von erheblicher positiver Reduktion sind an das Vorhandensein von PbO gebunden. Ausserdem scheint, soweit Analysen vorliegen, das gleichzeitige Vorhandensein grösserer Mengen beider Alkalien die Grösse der Reduktion und in gewissem Grade auch deren Sinn wesentlich zu bestimmen. Da sich dies namentlich an den Bleigläsern zeigt, so habe ich die betreffenden Daten in der folgenden Tafel zusammengestellt.

	Choisy-le-Roi[1]	Kew[2]	Alvergniat[3]	Cristal dur[3]	Jenaer Glas 20^{III}[4]
SiO_2	53,93	49,49	58,07	60,97	67,5
PbO	34,45	33,90	23,76	15,50	—
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	0,62	0,35	0,72	0,91	1,5
CaO	0,56	1,20	2,74	5,44	16
K_2O	8,54	12,26	6,29	6,31	7,5
Na_2O	1,70	1,54	8,42	10,28	7,5
Verschiedenes	0,11	0,80	—	—	—
$t_H - t_{Therm.}$ bei 40°	+ 0,014°	+ 0,037°	— 0,134°	— 0,138°	— 0,134°

Aus der Tafel geht hervor, dass der gewaltige Sprung der Reduktionen von + 0,04° auf — 0,14° ausschliesslich durch das erhebliche Ansteigen des Verhältnisses beider Alkalien von 1 : 5 bezw. 1 : 8 auf 1 : 1,3 bezw. 1 : 1,6 hervorgebracht worden

scheidet sich in seiner Zusammensetzung von letzterm namentlich durch einen geringeren Kalkgehalt und das Vorhandensein von 7 % ZnO und 2 % B_2O_3.

[5]) Chappuis, *Études sur le thermomètre à gaz etc. Trav. et Mém. du Bureau intern. des Poids et Mesures* **6.** *S. 116. 1888.*

[6]) Wiebe, Weitere Vergleichungen von Quecksilbertherm. aus verschied. Glasarten zwischen 0° und 100°. *Diese Zeitschr.* **10.** *S. 438. 1890.* Die positive Abweichung dieser Glasart gegen das Gasthermometer ist von Wiebe bereits in den *Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1885. S. 1025* angegeben.

[7]) Nach Wiebe, Ueber die Spannkräfte des Wasserdampfes in Temperaturen zwischen 82° und 100°. *Diese Zeitschr.* **13.** *S. 330. 1893.*

[8]) Guillaume, *Études thermométriques. Trav. et Mém. du Bureau intern. des Poids et Mesures* **5.** *S. 94.* Hier ist $t_{crist. dur} - t_{verre dur}$ angegeben.

[9]) Nach Guillaume, *Traité de thermométrie. S. 330.*

[1]) Regnault, *Relation des expériences etc.* Bd. 1. *S. 205.* Es sind die Mittelwerthe aus den vier dort angegebenen Analysen aufgeführt.

[2]) Wiebe, *Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1884. S. 847.*

[3]) Guillaume, *Études thermométriques. S. 83 u. 84.*

[4]) Wiebe, *Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1885. S. 1026.*

ist. Auch lässt die Zusammensetzung des zur Vergleichung mit aufgeführten, weil dieselbe Reduktion wie die Thermometer von Alvergniat und aus *Cristal dur* aufweisenden Glases 20^{III} erkennen, dass die negative Reduktion lediglich durch das der Einheit nahe kommende Verhältniss beider Alkalien bedingt ist.

Dass von diesem Verhältniss die Grösse der Depression abhängt, ist bekannt. Eine Abhängigkeit der Grösse der Reduktion von derjenigen der Depression ist jedoch nicht nachweisbar. Wie das folgende Täfelchen für einige Fälle anschaulich macht, haben Thermometer von erheblich verschiedener Depression nahezu gleiche Reduktionen und umgekehrt solche von nahezu gleicher Depression sehr verschiedene Reduktionen. Dies gilt sogar, wie die beiden Instrumente aus dem Jahre 1835 beweisen, für gleichalterige Thermometer.

Glasart	Bezeichnung des Thermom.	Abweichung vom Wasserstoffth. bei 40°	Depression für 100°
59^{III}, 18^{III}	—	— 0,042°	0,04 °
XII^{4}	—	— 0,167	0,06
Thüringer Glas	1835	— 0,213	0,16
Kaliglas	1a u. 11a	— 0,143	$0,17_5$
Kaliglas	E (1835)	— 0,046	$0,17_5$
Engl. Krystallglas	—	+ 0,037	0,20
Thüringer Glas	F 28 u. F 30	— 0,207	0.69
—	V	— 0,106	0,77

Es ist zu bedauern, dass keine Analysen der Thermometer E, 1a, 11a, V und des aus dem Jahre 1835 stammenden, von Hrn. Marek untersuchten, vorliegen, da hierdurch die Frage nach dem Zusammenhang der Zusammensetzung des Glases und der Reduktion auf das Wasserstoffthermometer jedenfalls sehr gefördert werden würde.

Ueber einige Neuerungen an Waagen der Firma J. Nemetz in Wien.

Von
B. Pensky in Friedenau.

In den letzten Jahren hat die Firma Jos. Nemetz einige Neuerungen an Waagen zur Anwendung gebracht, welche zum Theil Abänderungen oder weitere Durchbildungen von früher in dieser Zeitschrift beschriebenen darstellen und u. A. auch auf der Weltausstellung in Paris vorgeführt wurden. Dieselben sollen hier kurz gekennzeichnet und ihre Verwendung soll erörtert werden.

1. *Vakuumwaage.* Die von der Firma für die Kaiserlich Russische Normal-Aichungs-Kommission zu St. Petersburg hergestellte Vakuumwaage entspricht in ihrer wesentlichen Konstruktion der nach den Angaben von Kruspér für die Kgl. Ungarische Staats-Zentral-Aichungs-Kommission zu Budapest hergestellten und in *dieser Zeitschr. 9. S. 81. 1889* beschriebenen. Neu ist nach Angabe des Verfertigers die Ausführung der Abdichtungen der die Bewegungen nach dem luftdicht abgeschlossenen Innenraum übertragenden Achsen. Dieselben sind nach einer eigenen, nicht näher angegebenen Methode ohne Anwendung von Stopfbüchsen, Fett oder Quecksilber durch „Trockenschliff" hergestellt. Die bisherigen Erfahrungen geben dem Zweifel Raum, ob bei der Benutzung luftdicht geschliffener Drehkörper eine Schmierung der dichtenden Schliffflächen dauernd völlig entbehrt werden kann.

2. *Waagebalken mit kreisförmiger Aussenbegrenzung.* Die eigenartigen Formen dieses Waagebalkens sind aus den beistehenden Fig. 1 und 2 erkennbar; der Balken wird für kleinere Waagen verwendet und aus 3 *mm* starkem, hart gewalzten Messingblech mit einem Aussendurchmesser von 130 *mm* hergestellt. Der Umfang wird auf der Drehbank abgedreht und ebenso der von ihm eingeschlossene Ring beiderseits hohl ausgedreht, sodass der Ringquerschnitt I-Form erhält, vornehmlich um die Masse des Ringes zu verringern. Als Vortheil dieser Balkenform wird neben der bequemen und genauen Herstellung der Aussenform die Kürze der am untersten Punkt des Umfanges befestigten Zunge und die geschützte Lage der Endschneiden angeführt. Letztere hat jedoch zur Folge, dass die Pfannengehänge geöffnet werden müssen, um die Pfanne vom Balken zu entfernen oder sie wieder auf die Schneiden aufzusetzen. Ersichtlich zielt die Vertheilung des Balkenmaterials nicht auf höchste Festigkeit, also geringste Durchbiegung hin, welch' letztere allerdings bei kleineren Belastungen noch nicht zur Geltung kommt. Daneben wird durch die Massenanordnung das Trägheitsmoment und damit die Schwingungsdauer grösser als bei einem Balken, dessen Masse die gleiche ist und dessen Material in der Form eines Trägers gleicher Festigkeit verwendet würde. Aus diesen Umständen ergiebt sich, dass die als Neuerung eingeführte Balkenform für den Gebrauch erkennbare Vorzüge nicht besitzt.

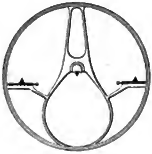


Fig. 1.

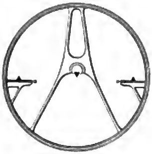


Fig. 2.

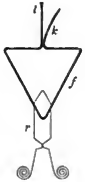


Fig. 3.

3. *Reiterverschiebung.* Sie wird in der meist üblichen Weise von der Seite des Waagengehäuses aus bethätigt und besteht in einer vierkantig prismatischen, horizontalen Führungsschiene, die von einem mit der Waagensäule verbundenen Arm getragen wird. Auf ihr ist ein mit vier Laufrollen versehener Schlitten verschiebbar. Dieser trägt eine vertikale Hülsenführung, in welcher ein mit Zahnstange versehener Zylinder durch Drehung eines im Schlitten gelagerten Zahnsegmentes gehoben und gesenkt werden kann. Dies, sowie die Verschiebung des Schlittens, wird mittels einer durch die rechte Wand des Waagengehäuses geführten Stange bewirkt, welche an die Achse des Zahnsegmentes angelenkt ist. Neu erscheint Form und Aufhängungsweise des Reitergewichtes, welche aus der nebenstehenden Fig. 3 ersichtlich werden.

Das mit einem bei *l* verlängerten Fortsatz an den vertikal verschiebbaren Zylinder gehängte Drahtdreieck *f* hat einen federnden Fortsatz *k*, auf welchen die längliche Oese des Reitergewichtes *r* gestreift wird, die beim Zurückfedern von *k* sich in den unteren Dreieckswinkel einhängt. Beim Spiel der Waage bietet die Form der Oese des Reiters dem Draht *f* genügenden Spielraum. Die so gebotene Sicherung des Reiters gegen Verlust durch Herabfallen ist praktisch ein Vortheil.

Die gleiche Aufhängung und Vertikalbewegung des Reiters kommt auch bei einer anderen Ausführung der Reiterverschiebung zur Anwendung, bei welcher die

Bewegungen von einem rechts an der vorderen Wand des Waagengehäuses gelagerten konzentrischen Achsenpaar mittels zweier hintereinander angeordneter Knöpfe bewirkt werden. Durch Drehung des hinteren Knopfes wird eine horizontal geführte, gezahnte Stange parallel dem Balken verschoben, deren jeweilige Stellung an einer hinter dem Knopf angebrachten Theilung abgelesen werden kann. Diese Stange trägt die vertikale Führung zum Heben und Senken des wie vorhin beschrieben aufgehängten Reitergewichtes; die vertikale Bewegung wird durch Drehen des vorderen Knopfes bewirkt.

4. *Mechanische Auflegung der Bruchgramme.* Die Einrichtung stellt sich als eine weitere Durchbildung der in *dieser Zeitschr.* **12.** *S. 224. 1892* beschriebenen dar. Dieselbe wird durch zwei an der Vorderwand des Waagengehäuses angebrachte, drehbare Knopfgriffe bethätigt, durch deren Drehung nacheinander um je 0,1 bezw. 0,01 *g* steigende Gewichtszulagen bewirkt werden. Auf der Welle jedes der Knöpfe sitzen 4 Kurvenscheiben, deren jede mittels eines Hebelsystems eines von vier Gewichten in Reiterform von den Massen 0,01; 0,01; 0,03; 0,05 bezw. dem Zehnfachen dieser Beträge auf ein am Gehänge der Gewichtsschaale befestigtes Lineal absetzt oder von ihm abhebt. Dies geschieht bei fortgesetzter Drehung eines der Knöpfe in solcher Reihenfolge, dass die Zulagen um je eine Einheit bis zu 9 der zweiten bezw. ersten Dezimale des Gramm wachsen. Der Gewichtswerth der jeweilig aufliegenden Zulagegewichte ist an Theilungen der Knöpfe ablesbar. Diese Einrichtung hat mit der *a. a. O. S. 225* dargestellten haspelförmigen Einrichtung den Vorzug gemein, dass sie durch nur zwei Knöpfe bethätigt wird, während zugleich die Zahl der dort erforderlichen Zulagegewichte von 18 auf 8 vermindert werden konnte. Auch ist die Handhabung hier insofern einfacher, als zum Abheben aller aufgelegten 9 Gewichtseinheiten nur ein Weiterdrehen des Knopfes um eine Zehnteldrehung bis auf Null der Theilung erforderlich ist, während die Haspel völlig zurückgedreht werden musste.

Die Einrichtungen, mittels deren, ebenfalls durch Drehung entsprechender Knöpfe, auch die grösseren, den Einern und Zehnern des Gramm entsprechenden Gewichte aufgesetzt werden, sind in *dieser Zeitschr.* **14.** *S. 325. 1894* bereits beschrieben. Diese haben neuerdings eine Erweiterung dahin erfahren, dass auch die Gewichtsstücke zu je 100 *g*, welche die Form von Hohlzylindern haben, nacheinander mechanisch aufgesetzt werden. Zu dem Zweck sind die Gewichte mit Vorsprüngen und Ausschnitten versehen und dadurch so aneinander gehängt, dass zwischen den niedergesetzten und den noch hängenden Stücken für das freie Spiel der Waage noch genügender Raum bleibt. Das oberste bezw. innerste Gewicht von der Gestalt eines Vollzylinders ist mittels einer Oese an einem Arme aufgehängt, der durch Drehung eines Knopfes vertikal bewegt wird.

5. *Veränderung der Empfindlichkeit.* Vorrichtungen hierfür werden einzelnen Waagentypen der Firma angefügt; nach Auflegung der Belastung in vollen Grammen soll dadurch ermöglicht werden, aus der Grösse des nach Lösen der Arretirung eintretenden Ausschlages in ganzen Skalentheilen die Anzahl der noch aufzulegenden Zehntel bezw. Hundertstel oder Tausendstel des Gramm zu entnehmen. Das Wesen dieser Einrichtung besteht darin, dass vorübergehend Gewichte in Drahtform auf einem die Zunge tragenden Rahmen abgelegt werden. Dadurch wird die Empfindlichkeit erheblich gemindert und die Waage in eine Neigungswaage verwandelt, deren Ausschlag angenähert die auf der Gewichtsseite noch fehlende Zulage angiebt.

Die Masse der drei dazu dienenden Empfindlichkeitsgewichte und ihr Abstand von der Mittelschneide ist so gewählt, dass nach Auflegen der Belastung in vollen

Grammen beim Lösen der Arretirung der Ausschlag in ganzen Skalentheilen die Anzahl der noch fehlenden Zehntelgramme anzeigt. Bei der Drehung des entsprechenden Knopfes auf die angezeigte Ziffer wird eines der Empfindlichkeitsgewichte abgehoben und der nach erneuter Lösung der Arretirung nun auftretende Ausschlag zeigt die Zahl der noch fehlenden Hundertstelgramme an. Beim Auflegen dieser wird das zweite Empfindlichkeitsgewicht abgehoben und es zeigt der nach nochmaliger Lösung der Arretirung eintretende Ausschlag an, auf den wievielten Skalentheil der die vollen Milligramme angebende Reiter abzusetzen ist. Bei der Drehung des die Reiterverschiebung bewirkenden Knopfes aus der Nullstellung wird auch das letzte Empfindlichkeitsgewicht abgehoben und die Waage erlangt dadurch ihre normale Empfindlichkeit, bei welcher 0,1 *mg* einem Skalentheil entsprechen soll.

Der Grundgedanke der Einrichtung ist nicht neu, bisher jedoch anscheinend noch nie so konsequent durchgebildet worden, wie hier.

6. *Magazinvorrichtung.* Um bis zu vier Wägungen verschiedener Gefässe oder ähnlicher Körper nacheinander, ohne Oeffnen des Waagengehäuses zu ermöglichen, wird in letzterem ein vierarmiger, mittels eines Knopfes drehbarer und vertikal beweglicher Stern vorgesehen. Die Armenden sind zur Aufnahme der zu wägenden Gefässe kreuzförmig gestaltet. Von letzteren wird je eines beim Senken des Sternes auf die Schaale abgesetzt, welche eine der Form der Sternarme entsprechende Durchbrechung besitzt. Die Einrichtung erinnert an die zuerst von Arzberger angegebene Einrichtung zur Vertauschung der Gewichte.

7. Für Waagen ohne Einrichtungen zur mechanischen Aufsetzung der Gewichte werden Gewichte von besonderer Form hergestellt, um deren stets *zentrische Aufsetzung* auf die Schaale zu sichern. Die Schaale ist zu diesem Zweck mit einer zentrischen Vertiefung versehen in welche der untere Rand der Gewichte ziemlich genau passt. In den Böden der Gewichte befinden sich Höhlungen, in welche die Knöpfe der anderen Gewichte eben hineinpassen, sodass die Gewichte beim Aufeinandersetzen stets konzentrisch bleiben.

8. Die *hydrostatischen Waagen* des Mohr'schen Typus versieht die Firma mit einem verschiebbaren Regulirgewicht zur Ausgleichung von Gewichtsunterschieden verschiedener Schwimmkörper. Zur Herstellung genauer Einspielung ist noch eine weitere Regulirmutter am Balken vorgesehen. An Stelle einer Kerbentheilung sind 9 Schneiden am Balken angebracht und die Reitergewichte mit gehärteten Stahlösen versehen.

Die meisten der vorstehend beschriebenen Einrichtungen an Waagen können unter geeigneten Umständen von Nutzen sein. Vornehmlich sind, wie bereits früher betont, die Einrichtungen zur mechanischen und systematischen Auflegung der Gewichte aller Grössen ohne Oeffnung des Waagengehäuses für schnelle Ausführung von solchen chemisch-technischen Wägungen vortheilhaft, bei denen eine sehr hohe Präzision der Massenbestimmung nicht erstrebt wird oder nach der Natur der Sache nicht erreicht werden kann. Indessen wird man die Auswahl der Einrichtungen und die Grenzen, innerhalb deren sie benutzbar sein sollen, den jeweiligen Zwecken anzupassen haben, will man nicht Gefahr laufen, entweder die Arbeit bei Ueberschreiten dieser Grenzen unnöthig zu vermehren oder Ergebnisse zu erhalten, deren höhere Genauigkeit nur eine scheinbare ist. Zur Erläuterung sei hier die im Katalog der Firma aufgeführte Universalwaage für 600 *g* herangezogen, welche mit Einrichtung zur mechanischen Auflegung aller Gewichte sowie zur stufenweisen Empfindlichkeits-

regulirung behufs Vorausbestimmung der noch nöthigen Zulagen versehen ist und deren normale Empfindlichkeit 0,1 *mg* für ein Skalentheil beträgt. Ihrer Natur entsprechend sind diese Einrichtungen nur für eine Seite, die Gewichtsseite der Waage, vorhanden. Eine Eliminirung des Einflusses einer vorhandenen Ungleicharmigkeit durch die Wägungsoperation selbst ist also nicht möglich. Daraus ergiebt sich die Nothwendigkeit einer besonderen systematischen Untersuchung oder öfter wiederholter experimenteller Bestimmung des Zustandes der Waage für verschiedene Belastungen und sonstige Umstände, wenn man auch nur annähernd die der Skalenangabe entsprechende Präzision der Massenbestimmung erreichen will. Strebt man diese nicht an, so verzichtet man besser auf die Verfeinerung der mechanischen Einrichtungen bis zu den hier angeführten Grenzen. Solcher Verzicht wird auch durch die Rücksicht darauf geboten, dass mit wachsender Empfindlichkeit die zur Wägung erforderliche Zeit, mit der Zahl der Mechanismen die Gefahr des Versagens einzelner derselben wächst. Nach diesen und ähnlichen Erwägungen wird demnach das Anwendungsgebiet der einzelnen Einrichtungen einzuschränken sein.

Referate.

Ueber einen Drehkomparator zur Vergleichung und Ausdehnungsbestimmung von Maassstäben.

Von J. Pernet. *Arch. Néerl.* **5.** *S. 395. 1901.*

Man unterscheidet bekanntlich zwei Formen der Transversalkomparatoren; bei der einen Form werden die beiden zu vergleichenden Maassstäbe nacheinander unter zwei feste, im Abstande der zu vergleichenden Längen aufgestellte Mikroskope gebracht, bei der zweiten Form liegen umgekehrt die Maassstäbe in ihren Trögen fest, während die Mikroskope an einer senkrecht zur Längsrichtung der Stäbe verschiebbaren Stange befestigt sind und nacheinander auf die Enden der beiden Stäbe eingestellt werden können.

Beide Formen weisen einen gemeinsamen Nachtheil auf. Es ist nämlich eine Erfahrungsthatsache, dass sich die Länge eines Strichmaassstabes in der Regel scheinbar ändert, wenn man den Stab um 180° dreht, d. h. die Lage des Stabes links und rechts vertauscht. Diese scheinbare Längenänderung rührt von einer bei verschiedener Beleuchtung verschiedenen Strichauffassung seitens des Beobachters her, weil es schwer gelingt, die Art und Richtung der Beleuchtung an beiden Enden des Stabes völlig gleich zu machen.

Bei Längenmessungen, welche die höchsten Anforderungen an Genauigkeit erfüllen sollen, trägt man dieser Fehlerquelle dadurch Rechnung, dass man zwei Maassstäbe stets hinsichtlich ihrer Lage in allen möglichen Kombinationen vergleicht und aus den Resultaten aller Messungen das Mittel nimmt.

Leider ist indessen eine derartige Messungsreihe sehr zeitraubend, weil jedes Umlegen eines Stabes eine Störung seines Temperaturgleichgewichts bedingt, das wiederherzustellen längere Zeit erfordert.

Das vom Verf. in der vorliegenden Abhandlung mitgetheilte Verfahren dient nun dazu, eine Vertauschung der Stäbe von links nach rechts auszuführen, ohne sonst die Messungen in irgend einer Weise zu stören. Zu diesem Zwecke sind die beiden die Maassstäbe enthaltenden Tröge auf einer gemeinsamen Unterlage montirt, welche auf einem in der Mitte zwischen den Stäben angeordneten vertikalen Zylinder reibungsfrei drehbar aufgesetzt ist. Die Drehungsachse befindet sich zunächst in einer solchen Stellung, dass die Enden eines Maassstabes gerade unter den beiden feststehenden Mikroskopen liegen. Durch Drehung der ganzen Vorrichtung um die vertikale Achse um 180° gelangen dann die Enden des

anderen Maassstabes in das Gesichtsfeld der Mikroskope. Bezeichnet man die Enden beider Maassstäbe in ihrer ursprünglichen Lage je nach der Orientirung mit *l* (links) und *r* (rechts), so werden also durch die einfache Drehung um den Zylinder die beiden Maassstäbe *I* und *II* in den Lagen

$$I_l \quad I_r \quad \text{und} \quad II_r \quad II_l$$

verglichen.

Um nun eine weitere Kombination zu erlangen, ist die ganze Vorrichtung, einschliesslich des Zylinders, auf einen Rollwagen aufgesetzt, welcher senkrecht zur Verbindungslinie der beiden feststehenden Mikroskope verschiebbar ist. Denkt man sich zunächst Stab *I* in der Lage I_l I_r unter den Mikroskopen befindlich und führt man jetzt eine Verschiebung im ebengenannten Sinne um einen solchen Betrag aus, dass Stab *II* unter die Mikroskope gelangt, so ist man durch Wiederholung der vorher beschriebenen Drehung um den Zylinder im Stande, beide Stäbe in den Lagen

$$I_r \quad I_l \quad \text{und} \quad II_l \quad II_r$$

zu vergleichen. Es ist leicht einzusehen, dass man durch diese Kombination der drehenden und fortschreitenden Bewegung eine Elimination der verschiedenen Strichauffassung zwischen links und rechts erreicht.

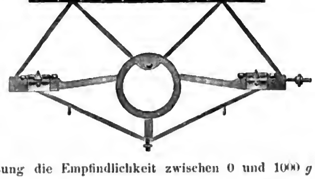
Das gleiche Ziel verfolgt eine Einrichtung, welche die Kaiserliche Normal-Aichungs-Kommission in Charlottenburg-Berlin bei ihrem neu aufzustellenden Komparator anwendet. Die Einrichtung ist kurz im Sonderkatalog der Deutschen Kollektivausstellung für Mechanik und Optik für die Pariser Weltausstellung 1900 *S. 11* skizzirt. Auch hier sind die Mikroskope als fest gedacht und die zu vergleichenden Maassstäbe werden mit den sie aufnehmenden Trögen nacheinander unter die Mikroskope geführt. „Die durch elektrischen Betrieb bewegten Wagen laufen auf Schienen, welche in der Rückverlängerung zu einer in der Mitte des Komparatorsaales angeordneten Drehscheibe führen. Durch Drehung derselben um 180° wird die Lage zweier auf ihr befindlicher Wagen vertauscht."

Die Pernet'sche Einrichtung, sowie diejenige der Normal-Aichungskommission sind also voneinander vollkommen verschieden. Während bei der ersteren die Drehvorrichtung die transversale Verschiebung mitmacht, erfahren die Stäbe im zweiten Falle unter den Mikroskopen nur eine transversale Verschiebung, während die Drehbewegung ausserhalb des eigentlichen Komparators verlegt ist. Der Effekt beider Einrichtungen ist aber der gleiche und bedeutet eine beträchtliche Vereinfachung der exakten Längenmessungen überhaupt. *Schl.*

Waage mit konstanter Empfindlichkeit.

Nach einem Prospekt.

Die Form des Balkens der von der Firma Johann Bosch & Söhne in Jungingen (Hohenzollern) konstruirten Waage ist aus nebenstehender Figur ersichtlich. Die wesentliche Abweichung dieser Konstruktion gegen die sonst üblichen beruht darin, dass die Endstützpunkte des Waagebalkens, als Träger und Streber, nicht innerhalb, sondern ausserhalb der Endschneiden liegen. Nach Angabe des Verfertigers haben die mit diesem Waagebalken ausgerüsteten Waagen innerhalb weiter Grenzen eine konstante Empfindlichkeit. In einem dem Ref. bekannt gewordenen Falle variirte bei einer solchen Waage für 1 *kg* Belastung die Empfindlichkeit zwischen 0 und 1000 *g* Belastung um weniger als 10 %. *Schl.*



Ueber die spezifische Drehung des Zuckers und ihre Aenderung mit der Temperatur und der Wellenlänge.

Von H. Pellat. *Ann. de chim. et de phys.* **23.** *S. 289. 1901.*

Diese Arbeit ist auf Veranlassung der im französischen Finanzministerium gebildeten Kommission für einheitliche Methoden der Alkohol- und Zuckeruntersuchungen ausgeführt worden. Das von der Kommission vorgezeichnete Programm war das folgende:

1. Bestimmung des Normalgehalts, d. i. der Masse reinen Zuckers, welche bei 20° in 100 *ccm* Lösung enthalten sein muss, damit diese bei 20° im 20 *cm*-Rohr das Natriumlicht um 21,67° dreht.

Diese Definition ist indessen nicht genügend genau, da „Natriumlicht" oder „Strahl *D*" im Vergleich zu der heutigen Genauigkeit der Saccharimeter eine sehr unbestimmte Wellenlänge ist. Bekanntlich varirt der optische Schwerpunkt der gebräuchlichen Natriumlichtquellen mit der Helligkeit und besonders der Reinigungsmethode so stark, dass die Drehungen einer und derselben Zuckerlösung bis zu 1 Prozent verschieden ausfallen (siehe z. B. Landolt, Optisches Drehungsvermögen. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1898. *S. 364*). Die Messungen des Verf. beziehen sich auf eine Lichtquelle mit dem der Mitte der Strahlen D_1 und D_2 entsprechenden optischen Schwerpunkt 0,58930 μ.

2. Bestimmung der Abhängigkeit der spezifischen Drehung der Normalzuckerlösung von der Temperatur für Natriumlicht.

3. Bestimmung der Aenderung der spezifischen Drehung der Normalzuckerlösung mit der Wellenlänge.

Methode und Apparat. „Zur Ausführung dieses Programms und besonders seines dritten Theils", schreibt der Verf., „bedurfte es eines neuen Apparates und sogar einer neuen Untersuchungsmethode. Die der Kommission von mir vorgeschlagenen Methoden und Apparate sind von derselben gebilligt worden und sollen zuerst beschrieben werden". Bei dieser neuen Methode zur Bestimmung der Rotationsdispersion gelangt nun weisses Licht zunächst in einen Spektralapparat und dann als ziemlich monochromatisches Licht in den Polarisationsapparat. Diese angeblich neue Untersuchungsmethode von Pellat ist aber bekanntlich identisch mit derjenigen, die Lippich bereits im Jahre 1885 ausführlich beschrieben und begründet hat (Lippich, *Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss., Wien. Math. naturw. Klasse* **91,** *II. S. 1070. 1885; Wied. Ann.* **36.** *S. 767. 1889;* Landolt, Optisches Drehungsvermögen. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1898. *S. 383*) und welche auch schon vielfache Anwendung gefunden hat, so z. B. durch: v. Wyss, *Wied. Ann.* **33.** *S. 554. 1888;* Seyffart, *Wied. Ann.* **41.** *S. 113. 1890;* Glan, *Wied. Ann.* **43.** *S. 441. 1891;* Leiss, *diese Zeitschr.* **18.** *S. 211. 1898;* Leiss, Optische Instrumente. Leipzig, W. Engelmann 1899. *S. 25* u. *S. 28.*

Als Spektralapparat diente ein Thollon'sches Spektrometer nach gewöhnlichem Jobin'schen Modell, dessen Okularspalt in der Brennebene der Beleuchtungslinse des Polarimeters lag. Letzteres war ein Halbschattenapparat, dessen Halbschatten-Vorrichtung entweder aus einer Laurent'schen Platte von einer halben Wellenlänge oder aus einem von Werlein konstruirten Biquarz bestand; letzteren hat kürzlich Macé de Lépinay beschrieben (siehe das Referat in *dieser Zeitschr.* **21.** *S. 90. 1901*). Bei allen Versuchen hat als Lichtquelle der Krater der positiven Kohle einer elektrischen, mit Handregulirung versehenen Bogenlampe gedient, dessen Bild mittels der Linsen der Lampe auf den Kollimatorspalt geworfen wurde.

Das die Zuckerlösung enthaltende Metallrohr ist 1 *m* lang; in seiner Mitte ist senkrecht ein kleines Rohr von etwa 10 *cm* Länge angebracht, damit die bei der Erwärmung sich ausdehnende Zuckerlösung keinen Druck auf die Deckgläser ausübe. Der Verschluss geschieht durch zwei dicke Glasplatten, die durch ein System schwacher Federn leicht angedrückt werden. Dieser Verschluss war aber nicht vollkommen dicht. Der Verf. beobachtete nämlich bei seinen Versuchen schon innerhalb weniger Stunden eine beständige Abnahme der Drehungswinkel. Diese Verminderung der Drehung ist nicht anders zu

erklären, als dass sich wegen des undichten Verschlusses die Zuckerlösung mit dem Wasser in dem etwa 60 *l* fassenden Wasserbade, in dem das Rohr lag, in Verbindung setzte. Denn der Ref. hat längst mit Sicherheit festgestellt, dass sich der Drehungswinkel einer luftdicht eingeschlossenen, reinen Zuckerlösung, solange nicht Pilzbildung in der Röhre eintritt, bei Temperaturen bis zu 32° selbst in einem Zeitraum von 7 Tagen noch nicht um $^1/_{60000}$ seines Betrages ändert (*diese Zeitschr.* **18.** *S. 187. 1898;* **20.** *S. 107. 1900*).

Der Theilkreis des Polarimeters ist in viertel Grad getheilt; mittels zweier gegenüberliegenden Nonien können die hundertstel Grad abgelesen werden.

Bestimmung des Normalgehalts. Der Verf. konnte mit seinen Versuchen erst beginnen, nachdem bereits auf Betreiben Mascart's von der Kommission der von Mascart und Bénard ermittelte Normalgehalt 16,29 endgültig angenommen worden war (siehe das Referat in *dieser Zeitschr.* **19.** *S. 287. 1899*). Wie diese hat auch Pellat seine ganzen Untersuchungen nur mit einer einzigen Zuckersorte angestellt, welche die Raffinerie Say „mit ganz besonderer Sorgfalt“ gereinigt hat und die auf Anrathen von v. Luynes direkt benutzt wurde, „da jede weitere Behandlung in einem Laboratorium den Zucker verändert, statt ihn zu reinigen“. Auch Mascart und Bénard hatten den Zucker in dem Zustande benutzt, wie er direkt von derselben Raffinerie Say geliefert worden war. Eine Analyse des Zuckers ergab 0,063 % Asche, „eine ausserordentlich geringe und fast zu vernachlässigende Aschenmenge“. Ganz richtig bemerkt der Verf.: „Uebrigens ist es unmöglich, auf Grund dieses Werthes eine genaue Korrektion anzubringen, da man nicht weiss, in welchen Verbindungen sich die in Form von Karbonaten abgeschiedenen Metalle ursprünglich befunden haben“.

Mit dem vorhergehenden Absatz kann sich der Ref. nur in dem Falle einverstanden erklären, dass der Normalgehalt nicht mit einer grösseren Genauigkeit als ± 0,1 % bestimmt werden sollte, und zwar aus den folgenden Gründen. Der Ref. hat gefunden, dass verschiedene Zuckersorten, deren Aschegehalte unter 0,005 % blieben, auch schon um 0,05 % verschiedene spezifische Drehungen besassen (*diese Zeitschr.* **21.** *S. 150. 1901* unter b)). Ein Zucker mit 0,06 % Asche kann nicht als besonders rein bezeichnet werden (vgl. z. B. *diese Zeitschr.* **21.** *S. 150. 1901* unter b)), auch dürfte es keine Schwierigkeit bereiten, einen so unreinen Zucker im Laboratorium weiter zu reinigen (vgl. z. B. *diese Zeitschr.* **19.** *S. 253. 1899* unter γ)). Auch wären sonst wohl 0,06 % Asche kaum eine „fast zu vernachlässigende“ Grösse, zumal selbst nach Anbringung der Korrektion die Konzentration der Zuckerlösungen nur auf einige hundertstel Prozent sicher sein wird.

Die Normalzuckerlösungen wurden in der Weise hergestellt, dass ungefähr 81,58 *g* des im Vakuum 24 Stunden lang getrockneten Zuckers in einem Messkolben bei 20° zu 501 *ccm* gelöst wurden. Die so zubereitete Lösung wurde vor dem Einfüllen in das Rohr drei- oder viermal durch dasselbe Filter filtrirt; hierbei wird sich aber die Konzentration um mehrere hundertstel Prozent geändert haben.

Die Länge des Rohrs bestimmt der Verf. „mittels eines ausgezeichneten, unlängst verfertigten Kathetometers der *Société genevoise*, zu dessen Angaben man volles Vertrauen haben konnte“, bei 20° zu 100,015 *cm* und er fährt fort: „Dieser Werth weicht von einem Meter so wenig ab, dass es nicht der Mühe werth ist, den Unterschied in Rechnung zu ziehen“. Da die Drehungen auch mit dem Werth 100 *cm* berechnet werden, so ist wohl der Schluss berechtigt, dass der Verf. thatsächlich den Normalgehalt nur auf etwa 0,1 % sicher ermitteln wollte, da er 0,015 % ohne Weiteres gleich Null erachtet. Gleich darauf wird indessen unter ausführlicher Wiedergabe einer Beobachtungsreihe bemerkt, dass die Fehler der Drehungswinkel 0,009 % nicht erreichen.

Aus den Versuchsreihen mit vier Zuckerlösungen ergiebt sich im Mittel als praktisches Normalgewicht für die Zuckerchemiker die Zahl 16,28, somit ein Werth, der um 0,06 % kleiner ist als das endgültig eingeführte Normalgewicht 16,29. Uebrigens ist es interessant, die jetzt in Frankreich gültige, genaue Definition der Normalzuckerlösung kennen zu lernen. Trotzdem gemäss den Beschlüssen der internationalen Chemikerkongresse zu Wien und Paris und der dritten Versammlung der internationalen Kommission für einheitliche Methoden der Zucker-

untersuchungen zu Paris bekanntlich für alle chemischen Arbeiten Messgefässe nach dem metrischen System (ein Kubikzentimeter gleich dem Volumen von 1 *g* Wasser von 4° im luftleeren Raum abgewogen) angenommen worden sind, hat die französische Kommission für die Zuckerchemiker eine ganz neue Art Kubikzentimeter eingeführt, die weder mit den metrischen noch auch mit den alten Mohr'schen (100 Mohr'sche *ccm* sind gleich 100,235 metrischen [oder wahren oder praktischen] *ccm*) identisch sind und daher als französische Kubikzentimeter bezeichnet werden mögen. 100 französische *ccm* sind nämlich gleich dem Volumen von 100 *g* Wasser von 4° in Luft mit Messinggewichten gewogen und daher gleich 100,106 metrischen *ccm*. Die Definition für die französische Normalzuckerlösung lautet nun: Die Normalzuckerlösung enthält bei 20° in 100 französischen *ccm* 16,29 *g* Zucker in Luft mit Messinggewichten gewogen. Eine solche Normalzuckerlösung soll dann bei 20° im 20 *cm*-Rohr das Natriumlicht um 21,67° drehen. Da Mascart und Bénard ungenauer als Pellat gearbeitet haben, so folgt, dass das französische Normalgewicht höchstens mit einer Genauigkeit von ± 0,1 % festgelegt ist.

Abhängigkeit der spezifischen Drehung des Zuckers von der Temperatur. Die Versuche waren u. A. schon wegen der oben erwähnten, beständigen Veränderung der Zuckerlösung recht schwierig auszuführen; man vergleiche dagegen die in dieser Hinsicht völlig einwandsfreien Versuche des Ref. in *dieser Zeitschr.* **20.** *S. 107. 1900.*

Aus vier Versuchsreihen ergiebt sich zwischen 14° und 30° der Temperaturkoeffizient γ der Drehung pro Längeneinheit im Mittel zu

$$\gamma = -0{,}000\,38.$$

Ist daher μ der absolute Ausdehnungskoeffizient der Lösung und k der Temperaturkoeffizient der spezifischen Drehung des Zuckers, so ist

$$k = \mu + \gamma = \mu - 0{,}000\,38.$$

Der Verf. lässt darauf nachstehenden Absatz folgen:

„Ich habe mittels eines Dilatometers die Ausdehnung derjenigen Normalzuckerlösung gemessen, welche mir zu meiner letzten Drehungs-Bestimmung gedient hatte; diese Messung hat zwischen 15,8° und 33,1° den mittleren absoluten Ausdehnungskoeffizienten zu 0,000 269 ergeben; zwischen denselben Temperaturgrenzen ist nach den von Rosetti gegebenen Dichten der mittlere Ausdehnungskoeffizient des reinen Wassers gleich 0,000 247 Zwischen 14° und 30°, dem Temperaturintervall für meine Versuche über die Aenderung der spezifischen Drehung, ist der Ausdehnungskoeffizient des reinen Wassers gleich 0,000 22 (für die Zuckerlösung würde daraus etwa 0,000 24 folgen); diesen Werth hat wahrscheinlich Andrews benutzt. Für k ergiebt sich daher der Werth − 0,000 16, fast identisch mit dem von Andrews erhaltenen Werth − 0,000 17, aber sehr abweichend von dem Werth − 0,000 217, welchen Schönrock gefunden hat. Nimmt man für den Ausdehnungskoeffizienten der Lösung die Zahl 0,000 24, die aus meiner Bestimmung zu resultiren scheint, so würde der Werth von k gleich − 0,000 14 werden."

Zu dieser sehr angreifbaren Darstellung sei Folgendes bemerkt. Erstens kann Andrews den Werth 0,000 22 wohl unmöglich benutzt haben, da er seine Versuche zwischen 18° und 41° angestellt hat, und zwar mit zwei Zuckerlösungen von den Konzentrationen 26 und 16. Zweitens ist nach den genaueren Bestimmungen des Ref. (*diese Zeitschr.* **20.** *S. 101. 1900*) der Ausdehnungskoeffizient einer Zuckerlösung von der Konzentration 16,3 oder vom Prozentgehalt 15,4 bei 22° gleich 0,000 28; in Wirklichkeit hat also Pellat $k = -0{,}000\,10$ beobachtet, sodass die Differenz zwischen ihm und Andrews thatsächlich grösser ist als die zwischen diesem und Schönrock. Drittens sind die Werthe von Pellat und dem Ref. nicht ohne Weiteres vergleichbar, da die Konzentration der Zuckerlösungen bei Pellat 16 und beim Ref. 26 ist; es wäre nicht unmöglich, dass sich k mit der Konzentration ändert.

Abhängigkeit der Drehung des Zuckers von der Wellenlänge. Die Versuchsresultate sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt (ist R_D der Drehungswinkel für die Mitte der Strahlen D_1 und D_2 und R_λ derjenige derselben Zuckerlösung für die Wellenlänge λ, so ist $a = \frac{R_\lambda}{R_D}\Big)$.

Zur Justirung des Spektralapparates benutzte Linie	Wellenlänge	a		Differenzen
		Beobachtet	Berechnet	
Kadmium, roth	0,643 85 μ	0,8290	0,8292	+ 0,0002
Baryum, orange	0,614 18	0,9150	0,9161	+ 0,0011
Mitte der Strahlen D_1 und D_2	0,589 30	(1,0000)	—	—
Kupfer, gelbgrün	0,570 02	1,0741	1,0734	— 0,0007
Die weniger brechbare der beiden grünen Kadmiumlinien	0 537 90	1,2162	1,2154	— 0,0008
Kadmium, grün	0,508 59	1,3713	1,3715	+ 0,0002
Die weniger brechbare der beiden blauen Manganlinien	0,476 60	1,5796	—	—
Kadmium, indigo	0,467 82	1,645	1,645	(0,000)

In der Boltzmann'schen Gleichung

$$R_\lambda = R_D\left(\frac{A}{\lambda^2} + \frac{B}{\lambda^4}\right) \quad \text{d. i.} \quad a = \frac{A}{\lambda^2} + \frac{B}{\lambda^4}$$

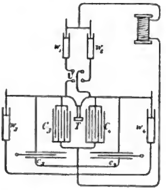
bestimmt der Verf. die beiden Konstanten A und B durch die Bedingung, dass man für $\lambda = 0{,}589\,30\,\mu$ $a = 1{,}0000$ und für (die *blaue* Linie!) $\lambda = 0{,}476\,60\,\mu$ den beobachteten Werth $a = 1{,}5796$ erhält, zu $A = 0{,}325\,483$ und $B = 0{,}007\,570\,03$. Mit diesen Werthen sind die Zahlen der dritten Kolumne berechnet worden. Da dem Verf. „die Bestimmung von A und B nach der Methode der kleinsten Quadrate ein eher weniger gutes Resultat gegeben hat", so dürfte er sich wohl hierbei verrechnet haben. Die obige Bestimmung von A und B ist um so angreifbarer, weil der Verf. selbst erklärt: „aber schon im *Blauen* oder Indigo sind die Einstellungen am Polarimeter wegen der geringen Helligkeit ziemlich ungenau und im Violetten überhaupt unmöglich".

Diese Arbeit von Pellat ist auch in deutscher Uebersetzung erschienen und zwar in der *Zeitschr. d. Vereins d. Deutsch. Zucker-Ind.* (*Techn. Theil*) **51.** *S. 815. 1901.* *Schck.*

Dielektrizitätskonstante einiger Gase und Dämpfe in ihrer Abhängigkeit von der Temperatur.

Von K. Bädecker. *Zeitschr. f. phys. Chem.* **36.** *S. 305. 1901.*

Nach der elektromagnetischen Lichttheorie soll bekanntlich die Dielektrizitätskonstante k eines Körpers gleich dem Quadrat seines für unendlich lange Wellen geltenden Brechungsindex n sein (Maxwell'sches Gesetz: $k = n^2$). Ferner soll nach der Clausius-Mosotti'schen Formel die Funktion $(k-1)/(k+2)$ auch bei beliebiger Zustandsänderung der Dichte des Körpers proportional sein. Die Untersuchung verschiedener Gase hinsichtlich ihres Verhaltens zu diesen beiden Gesetzen ist der Zweck der vorliegenden Untersuchung. Die Dielektrizitätskonstante der Gase und Dämpfe wurde dabei nach einer von Nernst (*Zeitschr. f. phys. Chem.* **14.** *S. 622. 1894*; vgl. auch das Referat in *dieser Zeitschr.* **21.** *S. 274. 1901*) angegebenen und von Philip (*a. a. O.* **24.** *S. 18. 1897*) zu einem Differentialverfahren von grosser Schärfe ausgearbeiteten Methode gemessen. Aus nebenstehender Figur ist die Versuchsanordnung ersichtlich; der vom Induktorium ausgehende Wechselstrom verzweigt sich zwischen den beiden gleich grossen, polarisationsfreien Flüssigkeitswiderständen w_1 und w_2 von je etwa 40000 Ohm, die mit Manganini'scher Lösung (Borsäure-Mannitlösung) gefüllt sind. Um dieselben vor dem Versuch abgleichen zu können, ist zwischen ihnen und dem Telephon T ein Umschalter U angebracht. Die Kompensationswiderstände w_3 und w_4 enthalten dieselbe Lösung wie w_1, w_2, aber in grosser Verdünnung. Der Widerstand derselben beträgt etwa 200 000 Ohm; sie erwiesen sich, obwohl die Gase keine elektrische Leitfähigkeit besitzen, doch als nothwendig, weil



manche Gase und Dämpfe die Isolation beeinträchtigten. Den Widerständen w_3 bezw. w_4 war je eine grosse Kapazität C_3 bezw. C_4 als dielektrischer Trog und eine kleine c_3 bezw. c_4 als Messkondensator parallel geschaltet. Wenn w_1 und w_2 abgeglichen sind und die Kompensation durch w_3 und w_4 hergestellt ist, so muss, damit im Telephon ein Tonminimum entsteht, $C_3 + c_3 = C_4 + c_4$ sein. Sind also die Kondensatoren mit verschiedenen Gasen gefüllt, so müssen die Kapazitäten anders abgeglichen sein als bei demselben Gas. Auf diese Weise können die Dielektrizitätskonstanten verschiedener Gase mit einander verglichen werden. Der dielektrische Trog war ganz aus Nickel hergestellt und bestand aus sieben Kondensatorplatten (3 innere und 4 äussere), die durch parallel zur Achse geschnittene Quarzplättchen isolirt waren. Die gesammte Kapazität eines Troges betrug etwa 0,0004 Mikrofarad. Für solche Gase, die Nickel angreifen, benutzte Verf. ein System von Platinplatten. Die Tröge wurden isolirt in ein Oelbad eingestellt, das bis etwa 150° erwärmt wurde; auf eine Rührvorrichtung musste wegen der störenden Kapazität derselben verzichtet werden. Alle übrigen Theile des Apparats, ausser den Kondensatoren, bestanden aus Aluminium bezw. der neuen Legirung Magnalium. Die Gase und Dämpfe, die in den Trog geleitet wurden, passirten vorher eine etwa 25 *cm* lange, ebenfalls im Oelbad liegende Kupferschlange zum Zweck der Vorwärmung. Der Messkondensator (c_3 bezw. c_4) bestand aus zwei Metallplatten mit dazwischen fein verschiebbarer Glasplatte (vgl. die Figur); eine Verschiebung von 0,1 *mm* dieser Platte entsprach einer Kapazitätsänderung von 0,00005 derjenigen des Troges. Der Ersatz eines Gases durch ein anderes geschah durch Verdrängung, die solange fortgesetzt wurde, bis Konstanz der Einstellung erreicht war; die Dämpfe wurden in kleinen Glaskolben entwickelt und dabei die Oelbadtemperatur auf mindestens 30° oberhalb des Siedepunkts der betreffenden Flüssigkeit gehalten, damit keine Kondensation auf den Platten des Kondensators stattfinden konnte. Die Messung erfolgte in der Weise, dass der Trog zuerst mit Gasen von bekannter Dielektrizitätskonstante geaicht wurde (z. B. mit schwefliger Säure und Luft). Eine bemerkenswerthe Fehlerquelle konstatirte Verf. in der Adsorption der Gase und Dämpfe an der Oberfläche der Kondensatorplatten, sodass das Tonminimum seine Lage mitunter nur langsam kriechend erreichte. Die barometrischen Druckschwankungen wurden mittels der Clausius-Mosotti'schen Formel reduzirt. Nach dieser Methode bestimmte nun Verf. die Dielektrizitätskonstante für Schwefelkohlenstoff, Schwefligsäure-Anhydrid, Ammoniakgas, Wasserdampf, Chlorwasserstoff, Methyl- und Aethylalkoholdampf und Stickstoffperoxyd (NO_2). Die Gesetze von Maxwell und Clausius-Mosotti haben für die Mehrzahl der untersuchten Gase keine Geltung, doch konnte empirisch wahrscheinlich gemacht werden, dass die Gültigkeit der Clausius-Mosotti'schen Formel für Temperaturunterschiede mit der des Maxwell'schen Gesetzes Hand in Hand geht. *W. J.*

Erzeugung und Messung von Sinusströmen.

Von M. Wien. *Ann. d. Physik* **4.** *S. 425. 1901.*

M. Wien hat seine bereits vor einigen Jahren konstruirte Wechselstromsirene[1]) so umgebildet, dass er nunmehr sinusartige Ströme mit einer Periodenzahl bis zu 17 000 in der Sekunde erzeugen kann. Die Einrichtung der Maschine ist die folgende. In einer Messingscheibe (Fig. 1) von 40 *cm* Durchmesser und 1 *cm* Dicke sind am Rande 250 2 *cm* lange Zähne ausgefräst; die Zwischenräume sind mit 0,3 *mm* dicken, mit Schellack zusammen gekitteten Stücken Transformatorenblech ausgefüllt. Ein um die Peripherie gelegter Reifen aus Neusilber hält das Ganze zusammen. Die Scheibe ist auf die Achse eines Motors von etwa 0,6 PS aufgesetzt, in dessen Magnet- und Ankerkreis Widerstände zwecks Regulirung der Geschwindigkeit eingefügt sind. Die Scheibe läuft zwischen den Polen eines Elektromagneten; die Pole sind keilförmig zugespitzt, sodass eine 2 *cm* lange, 0,5 *mm* dicke Eisenkante den ebenfalls 2 *cm* langen,

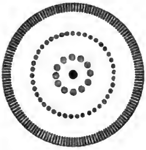


Fig. 1.

[1]) *Wied. Ann.* **66.** *S. 871. 1898.*

in die Scheibe eingelassenen Eisenbändern gegenübersteht (Fig. 2); auf jeden der Pole sind 200 Windungen *AA* 0,2 *mm* dicken Kupferdrahtes aufgebracht; ausserdem befinden sich zwei Zusatzwicklungen *BB*, die zur Erhöhung der elektromotorischen Kraft bei grösserem äusseren Widerstande dienen, in grösserer Entfernung von der Scheibe. Wird der Elektromagnet erregt, so wird, sobald die Scheibe rotirt, in diesen Wicklungen ein Wechselstrom erzeugt. Da die Tourenzahl des Motors zwischen 4 und 34 pro Sekunde variirt werden kann, so vermag man mit der Maschine Wechselströme von 1000 bis 8500 Perioden pro Sekunde zu erzeugen.

Um die Wechselzahl genau feststellen zu können, sind in die Scheibe zwei weitere Ankerreihen von 16 und 64 Eisenstücken eingelassen (vgl. Fig. 1). Stellt man diesen den stabförmigen Magneten eines Bell'schen Telephons gegenüber, dessen Platte entfernt ist, so entsteht in einem mit der Telephonspule verbundenen zweiten Telephon ein Ton, den man mit zwei Stimmgabeln von 256 und 512 Schwingungen vergleichen kann. Auf diese Weise können offenbar die Tourenzahlen 4; 8; 16; 32 des Motors genau einregulirt werden; dem entsprechen die Periodenzahlen 1000; 2000; 4000; 8000.

Die Maschine, durch einen einfachen Widerstand geschlossen, liefert einen schwachen, durchaus nicht sinusförmigen Strom. Schaltet man dagegen in den Stromkreis noch eine Selbstinduktion *L* und eine Kapazität *C*, sodass $(2\pi N)^2 LC = 1$ ist (*N* die Periodenzahl), so würde durch Anwendung dieser *elektrischen Resonanz*

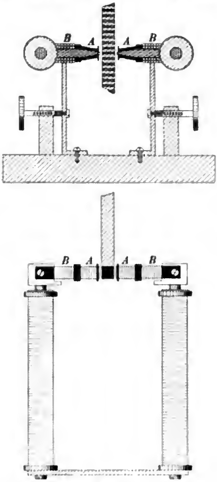


Fig. 2.

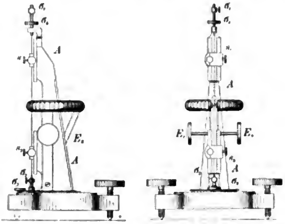


Fig. 3.

der Strom der Grundperiode *N* etwa 24-mal so stark, während die Obertöne fast gar nicht verstärkt werden. Der Strom wird also dadurch nahezu sinusförmig.

Da die ursprüngliche elektromotorische Kraft ziemlich stark die Oktave enthält, so kann man auch durch geeignete Wahl von *L* und *C* die Oktave zur Resonanz bringen. Man erhielt einen ziemlich reinen Sinusstrom von doppelter Periodenzahl. Auf diese Weise konnte also Wien noch Sinusströme von 17 000 Perioden pro Sekunde erzeugen.

Die mit diesen Strömen auszuführenden Messungen werden gewöhnlich in der Wheatstone'schen Brücke gemacht. Dazu sind Messinstrumente nothwendig, die auf schnelle Sinusströme ansprechen und sich als Nullinstrumente eignen. Für niedrige Schwingungszahlen (bis 256) empfiehlt Wien das optische Telephon[1]), für höhere bis zu 4000 pro Sekunde eine von ihm konstruirte Abänderung des Rubens'schen Vibrationsgalvanometers[2]), für noch höhere Periodenzahlen das Dynamometer von Giltay-Bellati[3]).

[1]) *Wied. Ann.* **42.** *S. 593;* **44.** *S. 681. 1891.*

[2]) *Wied. Ann.* **56.** *S. 27. 1895.*

[3]) *Diese Zeitschr.* **6.** *S. 397. 1886.*

Das System des neuen Vibrationsgalvanometers (Fig. 3) besteht aus einem Messingdraht, auf den ein 4 *mm* langes und 2 *mm* breites dünnes Blech und unmittelbar darüber im rechten Winkel dazu ein zweites 2 *mm* langes und 2 *mm* breites Blech aufgelöthet ist. Auf dem ersten Blech werden kleine Magnete, auf dem zweiten ein Spiegel mit wenig Schellack befestigt. Die längsten Magnetstäbchen, die angewandt wurden, waren 3 *mm* lang und wogen zusammen 6 bis 7 *mg*, während der Spiegel etwa 3 *mg* wog. Das System war in der Mitte eines Torsionsdrahtes von geeigneter Stärke angebracht; es wird mittels der Schrauben $\sigma_1\ \sigma_2$ an dem Messingbalken A befestigt, σ_3 dient zur Spannung des Drahtes, σ_4 ist ein Torsionskopf. Durch die Schlitten $s_1\ s_2$ wird die Länge der Saite und damit die Eigenperiode des Systems regulirt.

Der Balken A trägt ausserdem einen Elektromagneten, dessen 10 *cm* starker Eisenkern aus 0,2 *mm* starkem Eisendraht ringförmig gewickelt ist. Der Ring wird durchgesägt, die Enden werden gerade gefeilt, und das Ganze wird dann ausgeglüht.

Alsdann wurden zwei Wicklungen von 0,1 *mm* dicken Kupferdraht und je 100 Ohm Widerstand aufgebracht. Der Abstand der Pole kann durch die Schrauben $E_1\ E_2$ regulirt werden; in dem Luftraum befindet sich das bewegliche System.

Zur Strommessung wird ein beleuchteter Spalt in einem Fernrohr betrachtet, dessen Bild, wenn der Spiegel vibrirt, als breites Lichtband ausgezogen wird. Der neue Apparat unterscheidet sich von dem älteren Rubens'schen vortheilhaft dadurch, dass er leichter zu handhaben ist und dass er eine genügende Empfindlichkeit auch für hohe Schwingungszahlen behält.

Bedeutet N die Periodenzahl, a den Strom, der eben noch durch das Galvanometer wahrgenommen werden kann, so hat Wien folgende Zahlen gefunden:

N	100	500	1000	4000
a	$7 \cdot 10^{-10}$	$1{,}5 \cdot 10^{-8}$	$7{,}5 \cdot 10^{-8}$	$3 \cdot 10^{-6}$

Für noch höhere Schwingungszahlen benutzt Wien ein Giltay-Bellati'sches Galvanometer, in welchem eine Eisennadel unter 45° Neigung zu den Spulen aufgehängt wird. Entsprechend der von Maxwell angegebenen Form für den Wicklungsraum bestehen die Rollen des Galvanometers aus drei Abtheilungen mit 0,07; 0,2 und 0,5 *mm* dickem Kupferdraht. Ihr Widerstand betrug je 400 Ohm. Der freie Raum für das Eisenblättchen hatte einen Durchmesser von 5 *mm*. Der induktive Widerstand der Rollen würde den Apparat sehr unempfindlich machen. Es werden deshalb Kondensatoren vorgeschaltet, welche die Selbstinduktion kompensiren und gleichzeitig bewirken, dass das Instrument nur für *eine* Schwingungszahl empfindlich bleibt. Die Empfindlichkeit erwies sich als merklich unabhängig von der Höhe dieser Schwingungszahl. *E. O.*

Joch zur Aufnahme von Magnetisirungskurven.

Von Z. Crook. *Amer. Journ. of Science* **11.** *S. 365. 1901.*

Um die zu einer magnetisirenden Kraft gehörige ganze Induktion messen zu können, schneidet Crook das bekannte Hopkinson'sche Joch in der Mitte durch einen senkrechten Schnitt auf. Durch geeignete Justirvorrichtungen kann man dem Schlitz verschiedene Weiten geben; gewöhnlich beträgt die Schlitzweite nur wenige zehntel Millimeter. In den Schlitz wird eine zwischen zwei Glimmerblättern gewickelte Spule von 1000 Windungen eingeschoben. Die Spule wird herausgeschnellt und der in den Windungen induzirte Strom mit einem ballistischen Galvanometer gemessen. Um die Streuung des Joches zu kompensiren, ist, ähnlich wie bei dem Apparat von Köpsel (vgl. *diese Zeitschr.* **14.** *S. 391. 1894*), auf dem Joch eine Kompensationswickelung angebracht, die mit der Magnetisirungsspule in Serie geschaltet ist. *E. O.*

Ein vollständig astatisches Galvanometer.

Von E. Lippmann. *Compt. rend.* **132.** *S. 1161. 1901.*

Das Lippmann'sche Galvanometer besteht aus einem leichten horizontalen Hebel (Strohhalm), der in seiner Mitte an einem Kokonfaden hängt. An dem einen Ende dieses Hebels ist mittels eines zweiten Kokonfädchens eine leichte, horizontal gerichtete Magnetnadel aufgehängt. Den Polen derselben sind zwei Spulen gegenübergestellt, deren Achsen in die Richtung der Magnetnadel fallen. Der Apparat wird so justirt, dass der Hebel nahezu die Ost-Westrichtung einnimmt, sodass er auf der Richtung der Magnetnadel senkrecht steht. Wird nun durch die Spulen ein Strom geschickt, so wird die Magnetnadel parallel ihrer Längsrichtung in die eine der Spulen hineingezogen. Die äussere Richtkraft wird lediglich durch die Torsion des Kokonfadens geliefert, an welchem der Hebel hängt, sodass die Empfindlichkeit beliebig gesteigert werden kann. *E. O.*

Der Hensoldt'sche Entfernungsmesser.

Nach *Patentschrift Nr. 113 651* und dem Hensoldt'schen Katalog Nr. 5. 1901.

Dieser Distanzmesser ist ganz ähnlich eingerichtet wie das bekannte entfernungsmessende Prisma von Souchier (und zahlreiche ältere einfache Prismendistanzmesser, vgl. z. B. Bauernfeind's Distanzprisma, Elemente d. Vermessungskunde. 7. Aufl., 1. Bd. *S. 416*, die Entfernungsmesser von Grimsehl in *dieser Zeitschr.* **8.** *S. 258. 1888*, von Unge, *ebenda* **8.** *S. 152. 1888*; über das Souchier'sche Instrumentchen *Zeitschr. f. Vermess.* **24.** *S. 175. 1895* oder Jordan, Handbuch d. Vermessungskunde. 5. Aufl. Stuttgart, J. B. Metzler 1897. 2. Bd. *S. 629*). Es ist nur statt des vierseitigen Souchier'schen Prismas mit den Winkeln 90°; $67^1/_2$° und $67^1/_2$°; 135°, wobei an eine der Flächen bei $67^1/_2$° ein Anschliff gemacht ist, das bekannte Hensoldt'sche Pentagonprisma gewählt (eigentlich 4-seitig mit den Winkeln 90°; $112^1/_2$° und $112^1/_2$°; 45°, wobei aber der scharfe Winkel 45° durch eine Ebene abgeschnitten ist, die nochmals die zwei Winkel $112^1/_2$° herstellt und den Prismenquerschnitt zum Fünfeck macht), und es ist eine der optisch wirksamen Flächen des Prismas mit dem Winkel 1° 8′ 45″ (genauer $1°\,8'\,44'' = \varrho \cdot \mathrm{arc\,tg}\,{}^1/_{50}$) angeschliffen. Die Länge der gesuchten Entfernung ist also wie bei Souchier und Andern 50-mal $\left(\frac{1}{\mathrm{tg}\,1°\,8'\,44''}\text{-mal}\right)$ so gross als die Länge der Basis, in deren beiden Endpunkten die Bilddeckung mit Benutzung des *rechten* Prismenwinkels und der *angeschliffenen* Prismenfläche stattfindet und die direkt mit Band u. dgl. abzumessen ist. Der Vortheil gegenüber von Souchier ist besonders das *grosse* Gesichtsfeld, das dieses neue Freihandinstrumentchen bietet. Dass man „eine bis jetzt bei Anwendung eines so einfachen Apparates unerreichte Genauigkeit“ erlangen kann, müssten umfassendere Versuche, als sie dem Ref. zu Gebot stehen, darthun; aber der eben genannte Vortheil ist in der That nicht zu unterschätzen. Das Instrumentchen ist im Deutschen Reich (s. oben) und in mehreren andern Staaten patentirt; der Preis in Etui mit Tragriemen ist 30 M.

Hammer.

Neu erschienene Bücher.

O. Koll, Die Theorie der Beobachtungsfehler und die Methode der kleinsten Quadrate mit ihren Anwendungen auf die Geodäsie und die Wassermessungen. 2. Aufl. Lex. 8°. XII, 323 und 31 S. Berlin, J. Springer 1901. 10 M.

Dass der Verfasser dieses bereits als recht brauchbar anerkannten Lehrbuchs in unserer Zeit des „Maschinenrechnens“ im Vorwort der 2. Aufl. besonders auf diese Art der mechanischen Ausführung der Zahlenrechnungen hinweist, ist eigentlich selbstverständlich. Man muss auch zugeben, dass in vielen Fällen das Maschinenrechnen gerade bei Aufstellung und Auflösung der numerischen Normalgleichungen, der Durchrechnung der Verbesserungsgleichungen u. s. f. grosse Vorzüge besitzt, während ich es *sonst nicht überall* für einen Vor-

theil oder Fortschritt halte, dass der Verfasser mit Recht sagen kann, dass das „Rechnen mit Logarithmen auch bei den geodätischen Rechnungen zweifellos in grossem Umfange durch das Maschinenrechnen verdrängt werden wird“, und nicht glaube, dass *überall*, wo gegenwärtig das Maschinenrechnen empfohlen wird, „ganz erheblich an Zeitaufwand gespart“ wird. Sehr wichtig hätte mir auch geschienen, dass in geeigneten Fällen geodätischer Rechnung — und es gehören dazu viel grössere Theile der Geodäsie als Viele glauben, z. B. die *ganze* „niedere“ Geodäsie — die Anwendung des gewöhnlichen *Rechenschiebers* als Rechenhülfsmittel zur Durchführung der Ausgleichung gezeigt und empfohlen worden wäre. Ich betrachte die Einführung der *Rechenschieber*-Ausgleichung in die Aufgaben der niedern Geodäsie als mindestens ebenso wichtig, als die Einführung der Methode der kleinsten Quadrate in die „niedere“ Geodäsie überhaupt, und halte jene Einführung mit für das wichtigste Verdienst, das sich Jordan um diese Theile der Geodäsie erworben hat. Man darf sagen, dass erst die Anwendung des Rechenschiebers die Methode der kleinsten Quadrate für die niedere Geodäsie lohnend gemacht hat.

Die Anordnung des Stoffs im vorliegenden Werk ist von der 1. Auflage her bekannt. Nach einer kurzen Theorie der Beobachtungsfehler werden recht vollständig die verschiedenen Fälle der Ausgleichungsaufgaben (direkte Beobachtungen; direkte Beobachtungen mit einer Summenbedingung; vermittelnde Beobachtungen; bedingte direkte Beobachtungen; bedingte vermittelnde Beobachtungen) behandelt und es wird für jede dieser Aufgabenklassen auch gezeigt, wie Gewichte und damit m. F. einer Funktion der wahrscheinlichsten aus der Ausgleichung hervorgehenden unbekannten Werthe zu bestimmen sind. Wie in der 1. Aufl. sind auf zwei besondren Bogen am Schluss des Buchs alle Formeln zusammengestellt. Starke Vermehrung haben mit Recht die besonders für den Anfänger so wichtigen Aufgaben über die Fortpflanzung mittlerer Fehler erfahren. Ferner wird bei den direkten Beobachtungen einer zu bestimmenden Unbekannten nicht mehr vom arithmetischen Mittel als Axiom ausgegangen, sondern es ist hier, wie bei allen andern Aufgaben auch, als von dem ausgeglichenen Werth zu erfüllende Bedingung aufgestellt

$$[v\,v] = \text{Min.} \qquad \text{oder} \qquad [p\,v\,v] = \text{Min.}$$

Freilich ist damit nichts Wesentliches geändert. Denn *eine* Willkür in den Grundlagen der Methode der kleinsten Quadrate bleibt bekanntlich immer bestehen.

Dass der Ref. diese und jene Weitläufigkeit in der Zahlenrechnung vermieden sehen möchte, ist bereits angedeutet. Einige andere formale oder besser antiformalistische Wünsche vorzutragen, ist hier nicht der Ort.

Die Hauptsache ist, dass das vorliegende Buch zum Studium eines der wichtigsten und schönsten Zweige der *praktischen* Mathematik lebhaft empfohlen werden kann.

Hammer.

Jahrbuch f. Photographie u. Reproduktionstechnik f. d. J. 1901. Hrsg. v. Dir. Hofr. Prof. Dr. Jos. Maria Eder. 15. Jahrg. 8°. X, 807 S. mit 350 Abbildgn. im Texte u. 36 Kunstbeilagen. Halle, W. Knapp 1901. 8,00 M.

S. Arrhenius, Lehrbuch d. Elektrochemie. Vom Verf. durchgeseh. u. verm. deutsche Ausgabe. Aus dem Schwed. v. Doz. H. Euler. gr. 8°. VIII, 305 S. Leipzig, Quandt & Händel 1901. 8,00 M.; geb. 8,75 M.

A. Breusing, Nautische Hülfstafeln. 6. Aufl. 2. Ausg. Hrsg. v. Dr. C. Schilling. gr. 8°. III, 282 S. m. 1 farb. Karte. Leipzig, M. Heinsius Nachf. 1901. Geb. in Halbfrz. 6,75 M.

J. Boulanger u. G. Ferrié, *La Télégraphie sans fil et les Ondes électriques.* 2. Ausgabe. 8°. 131 S. m. 36 Fig. Nancy 1901.

A. B. Behrend, *The Induction Motor. Short treatise on its theory and design.* 8°. 106 S. m. 56 Fig. London 1901. Geb. in Leinw. 7,80 M.

E. H. Griffiths, *The thermal Measurement of Energy.* 8°. 135 S. Cambridge 1901. 2,20 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:
Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXI. Jahrgang. **November 1901.** Elftes Heft.

Die elektrische Heizeinrichtung des Potsdamer Sternspektrographen Nr. III.

Von
Dr. **J. Hartmann** in Potsdam.

Bei allen genauen Messungen, die mit Prismenspektroskopen ausgeführt werden, macht sich der Einfluss von Temperaturänderungen in sehr störender Weise geltend. Ganz besonders ist dies bei den photographischen Aufnahmen von Sternspektren der Fall, da der am Refraktor befestigte Spektralapparat während der meist stundenlangen Expositionszeiten in dem stets gut ventilirten Beobachtungsraume allen Schwankungen der Lufttemperatur ausgesetzt ist. Schon die ersten derartigen Aufnahmen, die Vogel und Scheiner im Jahre 1888 zur Bestimmung der Sternbewegungen in der Gesichtslinie ausführten, ergaben die Nothwendigkeit, den Temperaturschwankungen besondere Aufmerksamkeit zu schenken, und Prof. Vogel giebt in den *Publ. d. Astrophys. Obs. 7. S. 24. 1892* eine genaue Darstellung aller in Frage kommenden Erscheinungen.

Der Einfluss, den eine Temperaturänderung während der Exposition ausübt, ist in erster Linie durch die Aenderung der Brechungsexponenten der Prismen, in zweiter Linie durch die thermische Ausdehnung der Metalltheile des Apparates bedingt. Steigt die Temperatur der Glasprismen, so nimmt die Ablenkung der Lichtstrahlen zu, und das Spektrum verschiebt sich auf der Platte in der Richtung nach den kürzeren Wellenlängen hin; durch die Ausdehnung der Metalltheile wird der Betrag dieser Verschiebung noch ein wenig verändert. Findet eine derartige Temperaturänderung während der Aufnahme eines Sternspektrums statt, so werden die Linien des letzteren nicht nur verwaschen erscheinen, sondern es kann auch eine Verschiebung des Sternspektrums gegen das auf derselben Platte aufgenommene Vergleichsspektrum auftreten, wodurch ein systematischer Fehler in der Bestimmung der Geschwindigkeit des Sterns entstehen würde. Um diesen Fehler zu vermeiden, hat Prof. Vogel damals die Anordnung getroffen, dass die Aufnahme des Vergleichsspektrums in einer grösseren Anzahl einzelner Belichtungen vorgenommen wurde, die gleichmässig über die ganze Dauer der Belichtung des Sternspektrums vertheilt waren. Hierdurch mussten alle Verschiebungen, die das Sternspektrum während der Aufnahme erlitt, auch auf das Vergleichsspektrum übergehen, und wenn auch nun die Linien beider Spektren etwas unscharf erschienen, so war doch in ihrer relativen Lage kein systematischer Fehler mehr zu befürchten. Dass es durch diese Anordnung gelungen ist, den schädlichen Einfluss der Temperaturschwankungen sehr bedeutend herabzudrücken, dafür liefert die Genauigkeit der damals gefundenen Resultate den besten Beweis. Allerdings ergab sich die Nothwendigkeit, die Dauer der Belichtung auf etwa eine Stunde

zu beschränken, da die bei längerer Exposition immer mehr zunehmende Verbreiterung der Linien nach und nach jede genaue Messung unmöglich machte.

Die in Folge der Temperaturschwankungen eines Abends eintretende Verschiebung des Spektrums ist nämlich so beträchtlich, dass sie die durch die Bewegung des Sterns verursachte Verschiebung um ein Vielfaches übersteigen kann. Man kann rechnerisch den Betrag, um welchen sich das Spektrum bei einem Grad Temperaturänderung verschiebt, aus den Werthen der Temperaturkoeffizienten der Brechungsindizes der verschiedenen Glassorten ableiten, die von Müller[1]), Pulfrich[2]) u. A. bestimmt worden sind.

In der folgenden Tabelle I habe ich unter $d\lambda$ die Verschiebungen angegeben, welche die Linien H_γ und D bei Benutzung der von Müller untersuchten Flintglasprismen Nr. 1, 2 und 3, sowie des zusammengesetzten Prismas Nr. 6 für eine Temperaturänderung von 1° C. erleiden; v ist diejenige Geschwindigkeit eines Sterns, welche die gleiche Linienverschiebung hervorbringen würde.

Tabelle I.
Linienverschiebung bei 1° C. Temperaturänderung.

	für λ = 4341		für λ = 5893	
	$d\lambda$	v	$d\lambda$	v
Flintglasprisma Nr. 1	0,28 A. E.	19,4 *km*	0,52 A. E.	26,5 *km*
„ Nr. 2	0,37	25,4	0,68	34,6
„ Nr. 3	0,29	20,2	0,42	21,4
Zusammengesetztes Prisma Nr. 6	0,35	24,2	0,73	37,2

Wie man aus dieser Tabelle ersieht, sind die eintretenden Verschiebungen ausserordentlich gross und für die einzelnen Glassorten sehr verschieden. Bei Crownglas liegen die Verhältnisse wesentlich günstiger: die Verschiebungen sind bedeutend kleiner, sie werden sogar für eine in der Gegend von D liegende Stelle des Spektrums völlig Null und erfolgen jenseits dieser Stelle, im rothen Theile des Spektrums, nach der entgegengesetzten Richtung. Bei Quarz ist die Verschiebung nahezu eben so gross, wie bei Flintglas, sie hat jedoch das entgegengesetzte Vorzeichen. Wollte man daher einen gegen Temperaturänderungen möglichst unempfindlichen Spektralapparat bauen, so könnte man in demselben entweder Prismen aus Crownglas oder eine Kombination von Quarz- und Flintglasprismen zur Anwendung bringen.

Die in obiger Tabelle aufgeführten Zahlen stellen nur denjenigen Theil der Linienverschiebung dar, der durch die Aenderung der Brechungsexponenten des Glases hervorgebracht wird. Da bei einem zusammengesetzten Spektralapparat nun auch noch die thermische Ausdehnung der Metalltheile die Lage des Spektrums beeinflusst, so war es von Interesse, an dem fertigen Spektrographen den Einfluss von Temperaturänderungen zu untersuchen. Zu diesem Zwecke habe ich mit vier Spektralapparaten folgenden Versuch ausgeführt. Nachdem der Spektrograph längere Zeit im Zimmer in gleichmässiger Temperatur gestanden hatte, wurde ein Eisenspektrum aufgenommen. Hierauf wurde das Zimmer geheizt, und nachdem der Apparat nach vielen Stunden wieder eine konstante, um etwa 15° höhere Temperatur angenommen

[1]) G. Müller, Ueber den Einfluss der Temperatur auf die Brechung des Lichtes in einigen Glassorten, im Kalkspath und Bergkrystall. *Publ. d. Astrophys. Obs.* **4.** *S. 149. 1885.*

[2]) C. Pulfrich, Ueber den Einfluss der Temperatur auf die Lichtbrechung des Glases. *Wied. Ann.* **45.** *S. 609. 1892.*

hatte, wurde auf dieselbe Platte, die bis dahin gänzlich unberührt im Spektrographen verblieben war, eine zweite Aufnahme des Eisenspektrums gemacht. Der Versuch wurde sodann bei abnehmender Prismentemperatur wiederholt. In Tabelle II ist das Ergebniss dieser Versuche zusammengestellt. Die Spektrographen D und Nr. I enthalten *ein* Flintglasprisma von etwa 60° brechendem Winkel, Nr. III enthält deren *drei*, und der ältere Apparat A, mit welchem Vogel und Scheiner in den Jahren 1888 bis 1890 ihre Aufnahmen machten, besitzt zwei zusammengesetzte Prismen.

Tabelle II.
Linienverschiebung bei 1° C. Temperaturänderung.

λ	Apparat D		Apparat I		Apparat III		Apparat A	
	A. E.	*km*	A. E.	*km*	A. E.	*km*	A. E.	*km*
3800			+ 0,057	+ 4,5				
3900			+ 0,046	+ 3,5				
4000			+ 0,035	+ 2,6				
4100	+ 0,251	+ 18,3	+ 0,023	+ 1,7	+ 0,212	+ 15,5	+ 0,233	+ 17,0
4200	+ 0,265	+ 18,9	+ 0,009	+ 0,6	+ 0,215	+ 15,4	+ 0,241	+ 17,2
4300	+ 0,279	+ 19,4	— 0,008	— 0,6	+ 0,217	+ 15,2	+ 0,250	+ 17,4
4400	+ 0,293	+ 20,0	— 0,024	— 1,6	+ 0,220	+ 15,0	+ 0,259	+ 17,6
4500	+ 0,307	+ 20,5	— 0,041	— 2,7	+ 0,222	+ 14,8	+ 0,267	+ 17,8
4600			— 0,059	— 3,8				
4700			— 0,076	— 4,8				
4800			— 0,095	— 5,9				
4900			— 0,114	— 7,0				
5000			— 0,134	— 8,0				

Wie bei der Verschiedenheit der benutzten Glassorten und bei dem hier mitwirkenden Einflusse der Metalltheile nicht anders zu erwarten war, weichen die gemessenen Verschiebungen etwas von den in Tab. I berechneten Zahlen ab; bei den Apparaten D, A und III sind sie von derselben Grössenordnung, ein abweichendes Verhalten zeigt nur Spektrograph I. Bei diesem tritt durch die Ausdehnung der Metalltheile bei der Wellenlänge $\lambda = 4252$ eine vollständige Aufhebung der Verschiebung ein, und auch die übrigen Theile des Spektrums werden durch Temperaturänderungen nur sehr wenig beeinflusst. Bei *schnellen* Wärmeschwankungen wird diese Kompensation allerdings nicht in so günstiger Weise eintreten, da dann die Metalltheile nicht immer genau die Temperatur der Prismen haben werden.

Noch eine zweite Frage habe ich bei Gelegenheit dieser Experimente zu beantworten gesucht, nämlich die, in welcher Weise und mit welcher Geschwindigkeit überhaupt die Prismen im Spektrographen von Schwankungen der äusseren Temperatur beeinflusst werden. Ich habe bei einer anderen Gelegenheit[1]) einige Sätze abgeleitet, die sich auf das Verhalten von nicht im thermischen Gleichgewicht befindlichen Körpern beziehen. Folgt ein solcher Körper dem Newton'schen Abkühlungsgesetz, so besteht die Differentialgleichung

$$\frac{dA}{dt} = \gamma (A - W) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 1)$$

worin A die Temperatur des Körpers und W die der umgebenden Luft ist, während γ eine für die Temperaturempfindlichkeit des Körpers charakteristische Konstante ist. Durch Integration erhält man daraus (*a. a. O. S. 132*)

[1]) *Diese Zeitschr.* **17.** *S. 14 u. S. 131. 1897.*

$$\frac{\log(A - W) - \log(A_0 - W)}{t - t_0} = M\gamma \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 2)$$

wo mit M die Zahl 0,43429 ... bezeichnet ist. Die Gleichung 2) kann man benutzen, um zu prüfen, ob ein Körper bei seinen Temperaturänderungen obigem einfachen Gesetze folgt oder nicht. Man bringt zu diesem Zwecke den auf einer anderen Temperatur befindlichen Körper in einen Raum mit der konstanten Lufttemperatur W und bestimmt dann in geeigneten Zeitintervallen die Temperatur A des Körpers. Ergiebt sich aus allen diesen Beobachtungen nach Gleichung 2) immer derselbe Werth des Produktes $M\gamma$, so ist das Abkühlungsgesetz erfüllt.

Um eine Messung der momentanen Prismentemperatur zu ermöglichen, habe ich die Dispersionsänderung selbst als Maassstab benutzt, da letztere so gross ist, dass man daraus die Temperatur der Prismen auf wenige zehntel Grad genau bestimmen kann. Die Versuche wurden in folgender Weise ausgeführt. Der Spektrograph Nr. III wurde zunächst lange Zeit in einem Raume von der konstanten Temperatur + 15,8° C. gelassen, und als es sicher war, dass alle Theile des Apparates diese Temperatur angenommen hatten, wurden vier Aufnahmen des Eisenspektrums gemacht (Aufnahme Nr. 1 bis 4 in Tabelle III). Sodann (Zeitpunkt t_0) wurde der Apparat in ein benachbartes Zimmer gebracht, welches durch Heizung auf der konstanten Temperatur + 26,0° gehalten wurde. Nach 20 Minuten wurde nun wieder eine Aufnahme gemacht und weiter nach 40 Minuten, nach 1, 2, $3\frac{1}{2}$ und 6 Stunden. Nach 19 Stunden, als der Apparat die neue Temperatur völlig angenommen hatte, erfolgten die zwei Aufnahmen 11 und 12 und endlich nach 24 Stunden die Aufnahmen 13 bis 16. Auf allen Platten wurde die Entfernung D zwischen den beiden Eisenlinien $\lambda = 4202$ und $\lambda = 4495$ gemessen; Tabelle III enthält die Reduktion dieser Beobachtungsreihe.

Tabelle III.

Auf-nahme	Platte	$t-t_0$ Minuten	ϑ	D Umdreh.	A	$M\gamma$	A'	beob. — ber.
1	III 396	—	+ 15,8°	65,196	+ 15,2°		+ 15,8°	— 0,6°
2	397	—	15,8	217	16,3		15,8	+ 0,5
3	402	—	15,8	209	15,9		15,8	+ 0,1
4	403	—	15,8	210	15,9		15,8	+ 0,1
5	396	20	20,7	237	17,3	— 0,00338	18,0	— 0,7
6	397	40	22,6	293	20,1	— 0,00594	19,7	+ 0,4
7	398	60	23,8	313	21,1	— 0,00531	21,0	+ 0,1
8	399	120	25,4	368	23,9	— 0,00569	23,6	+ 0,3
9	400	210	25,9	392	25,1	— 0,00500	25,2	— 0,1
10	401	360	26,0	411	26,0		25,9	+ 0,1
11	399	1140	25,8	403	25,6		25,8	— 0,2
12	402	1140	25,8	408	25,9		25,8	+ 0,1
13	398	1440	26,8	423	26,7		26,8	— 0,1
14	400	1440	26,8	418	26,4		26,8	— 0,4
15	401	1440	26,8	438	27,4		26,8	+ 0,6
16	403	1440	26,8	428	26,9		26,8	+ 0,1

Unter ϑ ist die Angabe eines zum Spektrographen gehörigen Thermometers enthalten, dessen Quecksilberkugel sich im Innern der Prismenbüchse befindet; ich werde weiter unten auf das Verhalten dieses Thermometers nochmals zurückkommen. D ist die gemessene Distanz der beiden Eisenlinien ausgedrückt in Umdrehungen der Mikrometerschraube (1 Umdreh. = 0,5 *mm*) und A die daraus berechnete Prismentemperatur. Die Berechnung findet auf folgende Weise statt. Es ergiebt sich

aus Aufnahme	1 bis 4	D = 65,2080 Umdreh. bei	A = 15,8°
	11 und 12	65,4055	25,8
	13 bis 16	65,4268	26,8.

Daraus folgt für 1° Temperaturzunahme eine Aenderung von D um 0,01982 Umdrehungen und hiermit ergeben sich die Werthe von A. Aus den während der raschen Temperaturänderung gemachten Aufnahmen 5 bis 9 wurden nach Formel 2) die Werthe des Produktes $M\gamma$ berechnet und man sieht, dass sich in diesen Zahlen kein ausgesprochener Gang verräth; nur der erste Werth weicht in Folge einer zufälligen Störung etwas stärker ab. Im Mittel aus der ganzen Messungsreihe erhält man

$$M\gamma = -0{,}005238$$

und hiermit sind nun wieder nach Gl. 2) die theoretischen Temperaturwerthe A' berechnet, welche die Prismen bei genauer Befolgung des Abkühlungsgesetzes gehabt hätten. Aus den in der letzten Spalte gegebenen Werthen $A - A'$ ersieht man, das die Prismentemperatur ausserordentlich gut durch die so berechneten Zahlen dargestellt wird.

Um dieses Resultat völlig zu sichern, wurde noch eine zweite Beobachtungsreihe bei fallender Prismentemperatur ausgeführt; es wurde hierbei die Distanz der Linien $\lambda = 4282$ und $\lambda = 4529$ gemessen. Das Ergebniss der Messungen ist in Tabelle IV enthalten.

Tabelle IV.

Aufnahme	Platte	$t - t_0$ Minuten	ϑ	D Umdreh.	A	$M\gamma$	A'	beob.—ber.
1	III 404	—	+ 26,8°	50,405	+ 27,0°		26,8°	+ 0,2°
2	405	—	26,8	399	26,6		26,8	— 0,2
3	406	15	23,4	382	25,5	— 0,00379	25,3	+ 0,2
4	407	30	21,7	371	24,7	— 0,00308	24,1	+ 0,6
5	408	45	20,7	351	23,4	— 0,00368	23,0	+ 0,4
6	409	60	19,8	337	22,4	— 0,00375	22,0	+ 0,4
7	410	90	18,3	307	20,4	— 0,00433	20,5	— 0,1
8	411	120	17,5	280	18,6	— 0,00519	19,4	— 0,8
9	412	180	16,7	263	17,4	— 0,00489	17,9	— 0,5
10	413	240	16,3	265	17,6	— 0,00350	17,1	+ 0,5
11	414	900	15,7	236	15,6		15,7	— 0,1
12	415	1440	15,7	240	15,9		15,7	+ 0,2

Auch in dieser Messungsreihe zeigen die einzelnen Werthe von $M\gamma$ wieder eine sehr gute Uebereinstimmung; im Mittel folgt

$$M\gamma = -0{,}004200,$$

und die hiermit berechneten A' stellen die beobachteten Prismentemperaturen innerhalb der Beobachtungsfehler dar. Dass der numerische Betrag von $M\gamma$ hier etwas abweichend von der ersten Beobachtungsreihe gefunden wurde, kann nicht auffallen, da, wie ich früher ausgeführt habe, der Werth dieser Konstanten in hohem Grade von der Bewegung der umgebenden Luft abhängig ist. Als Mittel aus beiden Reihen nehme ich an

$$M\gamma = -0{,}0047.$$

Da die Temperatur der Prismen, wie durch diese beiden Beobachtungsreihen bewiesen ist, äusserst nahe dem Abkühlungsgesetze folgt, so können nunmehr die *a. a. O.* von mir aufgestellten Sätze dazu dienen, bei bestimmten Aenderungen der äusseren Temperatur einen sicheren Aufschluss über den Verlauf der Prismentempe-

ratur zu geben. Von besonderem Interesse ist namentlich die Beantwortung der beiden Fragen: Welchen Verlauf nimmt die Prismentemperatur 1. bei sprungweiser Aenderung der äusseren Temperatur und 2. bei gleichförmiger Aenderung der Luftwärme. Der erste dieser beiden Fälle tritt ein, wenn man den Apparat etwa aus einem kalten Raume in ein geheiztes Zimmer bringt und dort benutzen will, oder wenn vor der Aufnahme von Sternspektren Abends die Refraktorkuppel geöffnet und gelüftet wird. Während der Aufnahmen selbst findet dann gewöhnlich nahezu gleichförmige Abnahme der Lufttemperatur statt.

Tabelle V.

$A - W$	t	$A - W$	t
20,00°	$0^h\ 0^m$	2,06°	$3^h\ 30^m$
18,07	10	1,49	4 0
16,11	20	1,08	30
14,45	30	0,78	5 0
12,97	40	0,56	30
11,64	50	0,41	6 0
10,45	1 0	0,21	7 0
8,41	20	0,11	8 0
6,77	40	0,06	9 0
5,46	2 0	0,03	10 0
3,94	30	0,01	12 0
2,85	3 0	0,00	18 0

Die Beantwortung der Frage 1 ist in Tabelle V enthalten, die mit dem Werthe $M\gamma = -0{,}0047$ nach Formel 2) berechnet ist. $A - W$ ist, wie bisher, der Unterschied der Prismentemperatur gegen die Luftwärme, t die zugehörige Zeit. Sei beispielsweise beim Oeffnen der Kuppel die Lufttemperatur schnell um 4° C. gesunken, so entspricht diesem Werthe von $A - W$ genähert die Zeit $t = 2^h\ 30^m$. Die Tabelle lehrt alsdann, dass nach einer Stunde ($t = 3^h\ 30^m$) die Prismentemperatur noch um 2°, nach zwei Stunden noch um 1° höher sein wird, als die äussere Luftwärme; überhaupt kann man in runden Zahlen annehmen, dass der Unterschied der Prismentemperatur gegen die äussere Luftwärme in je einer Stunde (genauer 64 Minuten) auf seine Hälfte herabsinkt.

Die zweite Frage nach dem Verlaufe der Prismentemperatur bei veränderlicher Luftwärme findet ihre Beantwortung durch die Formel (*a. a. O. S. 15*, Formel 4)

$$\log(W'_1 - x) = M\gamma t + \log(W'_1 - x_0).$$

Hierin ist

$$x = \gamma(A - W'_0 - W'_1 t),$$

mit dem Index Null sind die zur Zeit $t = 0$ gehörigen Werthe bezeichnet, und W'_1 ist die Aenderung der Luftwärme in einer Minute. Um die Anwendung dieser Formel zu zeigen, berechne ich folgendes Beispiel.

Beim Oeffnen der Kuppel sinke die Lufttemperatur rasch von + 15° auf + 10° und weiterhin möge dieselbe stündlich um 1,2°, d. h. in einer Minute um 0,02°, abnehmen. Man hat dann

$$A_0 = +15° \qquad W'_0 = +10° \qquad W'_1 = -0{,}02°$$
$$M\gamma = -0{,}00470 \qquad \gamma = -0{,}0108$$
$$x_0 = 5\gamma = -0{,}0540 \qquad W'_1 - x_0 = +0{,}0340.$$

Hiermit ergiebt sich folgender Verlauf der Temperaturen.

Tabelle VI.

t	Lufttemperatur W	Prismentemperatur A	$A-W$
$0^h\ 0^m$	+ 10,00°	+ 15,00°	+ 5,00°
30	+ 9,40	+ 13,53	+ 4,13
1 0	+ 8,80	+ 12,30	+ 3,50
30	+ 8,20	+ 11,22	+ 3,02
2 0	+ 7,60	+ 10,31	+ 2,71
3 0	+ 6,40	+ 8,70	+ 2,30
4 0	+ 5,20	+ 7,29	+ 2,09
5 0	+ 4,00	+ 5,97	+ 1,97
6 0	+ 2,80	+ 4,72	+ 1,92
8 0	+ 0,40	+ 2,27	+ 1,87
10 0	— 2,00	— 0,14	+ 1,86
12 0	— 4,40	— 2,55	+ 1,85

Man ersieht aus Tab. VI, dass bei den angenommenen Temperaturverhältnissen, wie sie bei der Beobachtung thatsächlich leicht eintreten können, in der ersten Stunde sich die Prismentemperatur um 2,7°, in der zweiten um 2,0° ändert. Weiterhin findet, wie ich schon früher gezeigt habe, diese Aenderung in der Weise statt, dass sich der Unterschied $A-W$ einer festen Grenze, hier + 1,85°, nähert.

Die Angaben ϑ des am Spektrographen angebrachten Thermometers entsprechen, wie aus den Tabellen III und IV deutlich hervorgeht, bei schnellen Temperaturänderungen durchaus nicht der wahren Prismentemperatur; in Tab. III steigt die Differenz $\vartheta - A'$ bis auf 2,9°, in Tab. IV bis auf 2,4°. Wie zu erwarten war, folgen die Stände dieses Thermometers *nicht* dem Abkühlungsgesetze.

Die hier betrachteten schnellen Aenderungen der Prismentemperatur werden nun selbstverständlich nicht in der ganzen Glasmasse jedes Prismas ganz gleichmässig erfolgen, vielmehr wird beispielsweise bei steigender Temperatur die von aussen eindringende Wärme zuerst die dünneren Stellen, also die Kanten der Prismen, erwärmen und erst später wird der innerste Kern der Glaskörper dieselbe Temperatur erreichen. In der Zwischenzeit sind die Prismen optisch nicht homogen, und dies zeigt sich deutlich an der Form der Spektrallinien. Die bei steigender Temperatur gemachten Aufnahmen 5, 6 und 7 der Tab. III zeigen an jeder Linie einen schwachen Schatten, der nach der Seite der kürzeren Wellenlängen hin liegt; bei den Aufnahmen 3, 4 und 5 der Tab. IV, die bei Abkühlung der Prismen erhalten wurden, liegen die Schatten dagegen nach der Seite der längeren Wellenlängen hin. Da der Schatten jedesmal auf derjenigen Seite liegt, nach welcher hin sich das ganze Spektrum in Folge der Temperaturänderung bewegte, so folgt, dass derjenige Theil des Prismas, der diesen verwaschenen Schatten erzeugte, schon schneller als die übrige Glasmasse die neue Temperatur angenommen hatte, und dies ist offenbar der dünnste Theil in der Nähe der brechenden Kante. Es muss jedoch hervorgehoben werden, dass diese durch die thermische Verspannung der Prismen erzeugte Verschlechterung der Linienschärfe selbst bei den hier ausgeführten gewaltsamen Temperaturänderungen nicht sehr gross ist, da sich die Linien immer noch recht genau messen liessen; die aus der allmählichen Verschiebung des ganzen Spektrums entstehende Unschärfe ist ganz unvergleichlich viel grösser.

Nach dem Gesagten dürfte es keinem Zweifel mehr unterliegen, dass bei allen Aufnahmen von Sternspektren, die zur scharfen Ausmessung verwendet werden sollen, die Konstanthaltung der Prismentemperatur unerlässlich ist. Und so haben denn auch

schon verschiedene Astrophysiker ihre Spektralapparate mit Heizvorrichtungen zu diesem Zwecke versehen. Eine Einhüllung des Spektrographen in schlechte Wärmeleiter, in Filz, wollene Decken u. dgl. kann den Wärmeaustausch nur etwas verzögern; bei längere Zeit andauernder gleichmässiger Abnahme der äusseren Luftwärme ist jede solche Umhüllung gänzlich nutzlos, da, wie aus Tab. VI hervorgeht, schliesslich stets innen und aussen die Temperaturänderung mit derselben Geschwindigkeit stattfindet.

Der Erste, der eine künstliche Erwärmung des Spektrographen einführte, war Deslandres[1]) am Observatorium zu Meudon. Er umgab den ganzen Apparat mit einem starken doppelwandigen Metallkasten, zwischen dessen beiden Wänden dauernd ein Strom von Wasser aus der städtischen Wasserleitung hindurchgeführt wurde. Da dieses Wasser ziemlich konstante Temperatur hatte, so gelang es, die Prismentemperatur tagelang auf nahe gleicher Höhe zu halten.

So einfach diese Einrichtung erscheint, so ist dieselbe doch kaum zu empfehlen, da sie eine sehr grosse Belastung des Instrumentes mit sich bringt und eine *völlige* Konstanz der Temperatur nicht garantirt.

Lord[2]) am McMillin-Observatorium in Columbus (Ohio) versah seinen Sternspektrographen mit elektrischer Heizung. In dem Metallrahmen des Apparates wurden an passenden Stellen Drahtspiralen aufgespannt, die durch einen Strom von etwa 6 Amp. erhitzt werden können. Das Ganze ist mit einer doppelten Filzschicht umgeben, durch die nur ein Thermometer, dessen Kugel sich in der Prismenbüchse befindet, herausragt. Der Beobachter liest das Thermometer von Zeit zu Zeit ab und schaltet, sobald er ein Fallen der Temperatur bemerkt, den Heizstrom für kurze Zeit ein.

Ganz ähnlich ist die Heizvorrichtung beschaffen, die Campbell[3]) für den Mills-Spektrographen am Lick-Observatorium konstruirte; nur brachte er die wesentliche Verbesserung an, dass das Kontrolthermometer seine Kugel nicht im Innern der Prismenbüchse, sondern ausserhalb derselben in einem grossen Holzkasten hat, der den ganzen Apparat umgiebt. Der Beobachter kann so schon jede kleine Temperaturänderung, die *ausserhalb* der Prismenbüchse eintritt, rechtzeitig durch Einschalten des Heizstromes korrigiren. Bei sorgfältiger Beobachtung des Kontrolthermometers gelingt es so, die Temperatur in der Prismenbüchse auf 0,1° C. konstant zu erhalten. Da Campbell zur Beobachtung der Temperatur im Holzkasten (der auch noch mit Filz ausgekleidet ist) nur *ein* an der einen Wand des Kastens angebrachtes Thermometer benutzt, so besteht allerdings die Gefahr, dass während der Aufnahme jedes Sternes eine starke Schichtung der Temperatur im Kasten eintreten kann. Während der Aufnahme des betreffenden Sterns wird dann zwar auch das Thermometer in der Prismenbüchse konstante Angaben machen, geht man jedoch auf eine andere Stelle des Himmels über, wobei die Lage des Spektralapparates verändert wird, so kann sich die Prismentemperatur durch Eintreten einer neuen Schichtung ändern, auch wenn man durch die Heizung die Angaben des *äusseren* Thermometers ganz konstant hält.

Um die Aufmerksamkeit des Beobachters, die mit dem genauen Halten des Sterns auf dem Spalte des Spektrographen schon hinreichend beschäftigt ist, nicht auch noch für die Temperaturkontrole dauernd in Anspruch zu nehmen, habe ich

[1]) *Bulletin astronomique* **15.** *S. 49. 1898.*

[2]) *Astrophys. Journ.* **8.** *S. 65. 1898.*

[3]) *Astrophys. Journ.* **11.** *S. 259. 1900.*

für den neuen Spektrographen Nr. III des Potsdamer Observatoriums die Heizung so eingerichtet, dass die Temperatur der den ganzen Apparat umgebenden Luft automatisch konstant erhalten wird. Durch das liebenswürdige Entgegenkommen des Hrn. Geh.-Rath Hagen hatte ich Gelegenheit, in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt die verschiedenartigen praktisch erprobten Formen von Thermostaten kennen zu lernen. Die Einrichtung, welche Hr. Mechaniker Toepfer in Potsdam nach meinen Angaben ausführte, ist aus den Fig. 1 und 2 zu ersehen.

Eine genaue Beschreibung des Spektrographen hat Hr. Geh.-Rath Vogel im *Astrophys. Journ.* ***11.*** *S. 393. 1900* gegeben. Da diese Abhandlung jedoch manchem der Leser dieser Zeitschrift nicht zugänglich sein wird, so lasse ich hier zunächst eine kurze Beschreibung des Spektralapparates folgen.

Fig. 1 zeigt denselben auf einem hölzernen Gestell montirt, wie er zu Aufnahmen im Laboratorium verwendet wird. Mit dem kräftigen gusseisernen Teller *A* wird er,

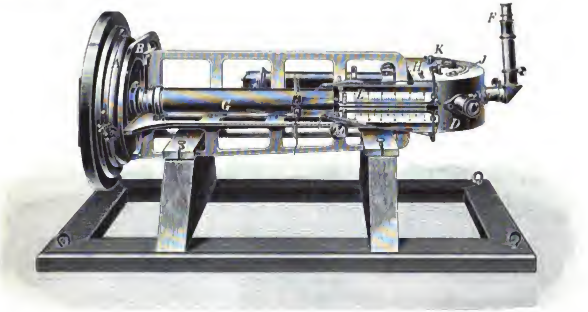


Fig. 1.

wie in Fig. 2 ersichtlich, an dem Auszuge des 80 *cm*-Refraktors befestigt. Mit diesem Teller ist zunächst eine 10 *mm* dicke Eisenplatte *B* fest verschraubt, auf die sich wiederum ein sehr stabiles Gitterwerk aus durchbrochenen Eisenplatten stützt; hieran sind sodann die optischen Theile befestigt. *G* ist der Kollimator von 32 *mm* Oeffnung und 48 *cm* Brennweite. Die Prismenbüchse *D* enthält drei vorzügliche, von Steinheil gelieferte Prismen aus dem Schweren Silikat-Flint O. 102 von Schott & Gen.; der brechende Winkel (63° 27′) ist so gewählt, dass der Strahl H_γ eine Ablenkung von genau 180° erfährt. Die Prismen sind fest auf das Minimum der Ablenkung von H_γ eingestellt. Die Kamera *E* enthält ein Objektiv von 40 *mm* Oeffnung und 41 *cm* Brennweite; sie ist um einen dicht vor der letzten Prismenfläche befindlichen Zapfen drehbar und kann in fünf Stellungen, bei denen der Reihe nach die Strahlen *D*, *F*, H_γ, *h* und *K* in der Mitte der photographischen Platte erscheinen, fest mit der Grundplatte verschraubt werden. Man kann jedoch auch diese Kamera ganz abnehmen und an ihre Stelle eine grössere setzen, deren Objektiv 42 *mm* Oeffnung und 56 *cm* Brennweite hat. Das Halterohr *F* nimmt das von der ersten Fläche des zweiten Prismas reflektirte Licht, welches durch das erste Prisma schon spektrale Zerlegung erfahren hat, auf

und dient zur dauernden Kontrole der genauen Einstellung des Sternes auf den Spalt. Bei schwachen Sternen kann man dasselbe Rohr auch in den Rohrstutzen *C* einschieben und dann das von der ersten Prismenfläche reflektirte direkte Spaltbild beobachten. Bei *H* ist ein schmaler Schlitz angebracht, durch den verschiedenartige Blenden, die zur Prüfung und Fokussirung des Apparates dienen, eingeschoben werden können. Die ganze Prismenbüchse besteht aus starkem hochpolirten Nickelblech und bietet einen ausserordentlich guten Schutz gegen strahlende Wärme. Dicht unter ihrer Oberfläche befindet sich die Kugel des Thermometers *J*, dessen Angaben oben mit ϑ bezeichnet worden sind.

Zur Kontrole der Lufttemperatur *ausserhalb* des Prismengehäuses sind in 2 *cm* Abstand von dessen beiden Grundflächen die langen, halbkreisförmig gebogenen Gefässe von zwei Quecksilberkontaktthermometern befestigt; das obere dieser Gefässe

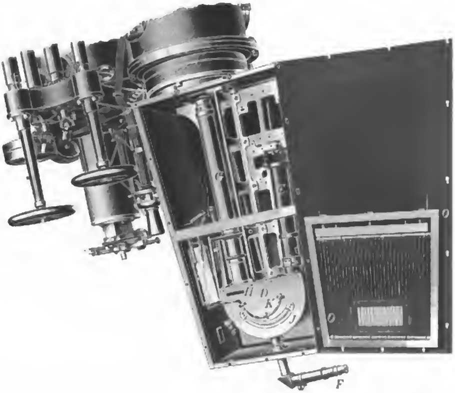


Fig. 2.

ist bei *K* zu sehen. Die Kapillaren beider Thermometer sind durch mehrfache Biegung nach der Seite des Kollimators hin geführt, wo sie parallel neben einander auf ihren Skalen *L* befestigt sind. Dicht unter dem Ende der Skalen sind Platindrähte bis zum Kontakt mit dem Quecksilberfaden eingeschmolzen. Durch das offene Ende der 0,5 *mm* weiten Kapillaren sind zwei 0,3 *mm* starke Platindrähte eingeführt, die durch Zahntrieb mittels des Schlüssels *M* auf beliebige Punkte der Skalen eingestellt werden können.

Wird der Spektrograph zur Aufnahme von Sternspektren verwendet, so wird der ganze Apparat, wie in Fig. 2 ersichtlich, in einen leichten Kasten aus Holz eingeschlossen. Dieser Kasten wird durch sechs lange Schrauben auf dem Rande der Platte *B* befestigt und berührt den Spektrographen sonst nirgends. Im Innern des Kastens sind den halbkreisförmigen Grundflächen der Prismenbüchse gegenüber zwei elektrische Heizkörper angebracht; der eine dieser Körper ist auf dem geöffneten

Deckel in Fig. 2 zu sehen. Es ist ein hölzerner Rahmen *OO*, der innen zwei Glasstäbe trägt, zwischen denen ein 20 *m* langer, 0,24 *mm* starker Neusilberdraht in vielen Windungen hin und her gezogen ist. Durch Spiralfedern werden die Drähte bei allen Temperaturen straff erhalten. Der Rahmen ist in 1 *cm* Abstand von der Wand des Kastens befestigt, und auf der dem Spektralapparat zugewendeten Seite ist, ebenfalls in 1 *cm* Abstand vom Rahmen, ein den ganzen Heizkörper überdeckender Schirm aus blankem Weissblech angebracht (in Fig. 2 ist der Schirm entfernt, um die Heizdrähte sichtbar zu machen). Rings um die Heizkörper herum kann daher völlig unbehinderte Luftströmung stattfinden. Diese Strömung im Innern des Kastens ist von grösster Wichtigkeit, da ohne dieselbe leicht starke Wärmeschichtungen und folglich ungleiche Erwärmungen der einzelnen Theile des Apparates eintreten könnten. Um schon durch die Heizung selbst eine Luftströmung im Kasten hervorzurufen, habe ich die Heizkörper nicht über die ganzen Flächen des Kastens ausgedehnt, sondern, wie in der Figur ersichtlich, auf denjenigen Theil des Kastens beschränkt, der während der Beobachtungen am tiefsten liegt. Bei Erwärmung der Drähte wird die warme Luft zunächst nach oben steigen und die dort befindliche abgekühlte Luft herunterdrücken. Erst wenn die erwärmte Luft auf diese Weise wieder bis zu den Kontrolthermometern (*K* und ebenso unter der Prismenbüchse) gelangt ist, steigen diese und bewirken dadurch die Unterbrechung des Heizstromes. Um schädliche Wärmeschichtungen im Kasten möglichst auszuschliessen, habe ich ausserdem die Heizung in zwei ganz selbstständige, völlig von einander unabhängige Theile zerlegt: das „obere" in der Figur sichtbare Kontrolthermometer *K* regulirt nur den Strom in dem im Deckel des Kastens befindlichen (ebenfalls sichtbaren) Heizkörper, während das unter der Prismenbüchse befindliche Thermometer unabhängig davon den unteren Heizkörper regulirt. Hat man daher beide Kontrolthermometer vor der Beobachtung auf dieselbe Temperaturhöhe eingestellt, so ist man sicher, dass auf beiden Seiten der Prismenbüchse dauernd genau dieselbe Temperatur vorhanden sein wird.

Die Enden aller Leitungsdrähte, also je zwei Enden von jedem der Heizkörper und zwei von jedem der Thermometer, im Ganzen acht, sind mit Klemmschrauben auf der Aussenseite des Kastens in Verbindung gebracht. Die acht Zuleitungsdrähte, welche an diese Klemmen angeschlossen werden, sind zu zwei Kabeln von je vier Drähten zusammengedreht: ein Kabel entspricht der „oberen", eines der „unteren" Heizung. In jedem Kabel sind die zwei Drähte für den Heizstrom durch ihre Farbe von den Drähten unterschieden, welche den Strom zu den Kontrolthermometern führen. Um eine Verwechselung der Drähte beim Befestigen in den Klemmschrauben unmöglich zu machen, haben die Klemmen für die Thermometer so enge Oeffnungen erhalten, dass die Leitung des Heizstromes nicht darin befestigt werden kann.

Die beiden 5 *m* langen Kabel, die allen Bewegungen des Refraktors folgen können, führen nach einem auf dem Beobachtungsstuhle angebrachten Schaltbrett, dessen Anordnung in Fig. 3 dargestellt ist.

Auch das Schaltbrett hat zwei getrennte, vollkommen gleichartige Hälften. Die rechte Hälfte entspricht der „oberen" Heizung, die linke der „unteren"; in die Stöpselkontakte $O_1\ O_2\ O_3\ O_4$ und $U_1\ U_2\ U_3\ U_4$ werden die Enden der Kabeldrähte eingefügt, und zwar sind auch hier wieder die dem Heizstrom entsprechenden Stöpsellöcher $O_3\ O_4$ bezw. $U_3\ U_4$ von grösserem Querschnitt, als die beiden andern, sodass ein Verwechseln der Leitungen unmöglich ist. Durch die beiden Klemmen *A* wird der Strom von einem einzelnen Leclanché-Element zugeführt. Derselbe geht, wie aus dem Schema ersichtlich, durch die Elektromagnete der beiden auf Ruhestrom

eingestellten Relais E_1 und E_2 und nach den Klemmen O_1 O_2 bezw. U_1 U_2, die ihrerseits durch die Kabel mit den Kontrolthermometern in Verbindung stehen. Haben die Quecksilbersäulen der Thermometer Kontakt mit den Platindrähten, so ist der Relaisstrom geschlossen, die Anker der Elektromagnete sind angezogen und hierdurch ist der Heizstrom unterbrochen. Sinkt eines der Thermometer unter die eingestellte Temperatur, so wird der betreffende Relaisstrom unterbrochen, und der losgelassene Anker des Elektromagneten schliesst den entsprechenden Heizstrom. Um die Funkenbildung und dadurch bedingte Oxydation der Quecksilberkuppe möglichst zu verringern, wird der Relaisstrom sehr schwach genommen; derselbe beträgt nur 0,011 Amp.

Der Heizstrom, der durch die beiden Klemmen B dem Schaltbrett zugeführt wird, hat eine Spannung von 110 Volt und wird der elektrischen Kraftanlage des Observatoriums entnommen. Er wird zunächst nach den beiden Doppelschaltern S_1 und S_2 geführt, welche ermöglichen, je nach Bedarf drei verschiedene Widerstände einzuschalten und hierdurch seine Stärke zu ändern. Als Widerstände benutze ich

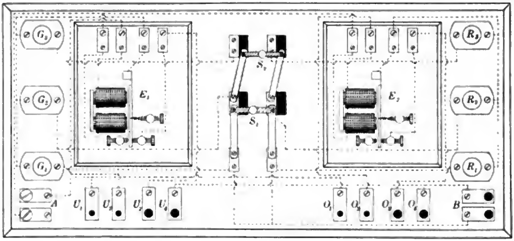


Fig. 3.

gewöhnliche Glühlampen, die in die Fassungen R_1 R_2 R_3 und G_1 G_2 G_3 eingeschraubt werden. Durch passende Auswahl dieser überall billig zu beschaffenden Lampen kann man auch an anderen Orten, wo der zur Verfügung stehende Heizstrom eine andere Spannung hat, leicht die gewünschten Stromstärken herstellen. Ich benutze in den Fassungen R_1 G_1 sowie R_2 G_2 Lampen für 110 Volt Spannung und 16 Kerzenstärken, in R_3 und G_3 solche für 65 Volt und 10 Kerzen. Sind beide Schalter nach rechts gelegt (wie S_2 in Fig. 3), so geht der Strom nur durch die Lampe R_1 bezw. G_1, von da nach dem Relais und, falls dieses geschlossen ist, durch das Kabel zum Heizkörper. Die Stromstärke beträgt alsdann 0,47 Amp. Schliesst man die Verbindung bei S_1, indem man diesen Schalter, wie in der Figur gezeichnet, nach links legt, so geht der Strom gleichzeitig durch die parallelgeschalteten Lampen R_1 und R_2 bezw. G_1 und G_2; die Stromstärke steigt dadurch auf 0,62 Amp.; bei Einschaltung des dritten Lampenpaares R_3 und G_3 erhält man endlich einen Strom von 0,72 Amp.

Die Anwendung der Lampen als Widerstände bietet eine sehr bequeme Kontrole für das richtige Funktioniren der Heizung. Um das Licht der Lampen, die bei obigen schwachen Strömen zwar so schon nicht hell leuchten, noch mehr zu mildern und auch gleichzeitig die beiden getrennten Heizungen leicht unterscheidbar zu machen, habe ich die der „oberen“ Heizung entsprechenden Lampen roth, die der

„unteren“ entsprechenden grün gefärbt. An dem in gleichmässigen Intervallen erfolgenden Aufleuchten der rothen und grünen Lampen kann der Beobachter, ohne das Schaltbrett anzusehen, dauernd kontroliren, ob Alles richtig im Gange ist.

Die Dimensionen der beiden Kontaktthermometer habe ich so gewählt, dass 1° C. eine Länge von 3 *mm* hat. Die Schwankungen dieser Thermometer betragen, wenn die Heizung im Gange ist, noch nicht ganz 0,1°; im Innern der Prismenbüchse muss, da diese geringen, in kurzen Perioden erfolgenden Schwankungen durch die Metallwand sowie durch die innere Luftmasse noch wesentlich vermindert werden, fast absolut konstante Temperatur herrschen. In der That lassen die Ablesungen des Thermometers J fast niemals mehr eine Temperaturänderung erkennen, die 0,1° übersteigt. Als Beispiel für das gute Arbeiten der Einrichtung, die seit einem Jahre in Benutzung ist, mag folgende Beobachtungsreihe dienen. Am 8. Nov. 1900 war ein sehr klarer Abend; ich begann mit den Spektralaufnahmen Nachmittags $4^h\,30^m$ und erhielt dabei folgende Ablesungen ϑ des Thermometers J sowie eines im Kuppelraume aufgehängten Thermometers W, welches die Lufttemperatur angiebt:

	W	ϑ
$4^h\,30^m$	+ 10,2°	10,9°
5 30	9,2	10,9
5 45	9,1	10,9
6 30	8,1	10,8
7 40	7,7	10,8
9 30	7,2	10,8
10 30	6,7	10,8.

Ueber Nacht blieb die Heizung weiter in Thätigkeit, und als ich am andern Morgen die Beobachtung wieder begann, hatte sich die Temperatur des Spektrographen gar nicht geändert; es ergab sich

$17^h\,0^m$	+ 4,5	10,8
18 0	3,2	10,8.

Nur durch die automatische Heizung war es möglich, die Prismentemperatur so lange Zeit hindurch absolut konstant zu halten, während die Lufttemperatur um 7° sank.

Zum Schlusse mögen noch einige Worte über die Einstellung der Platinkontakte der Metallthermometer Platz finden. Man beabsichtigt, vom Momente dieser Einstellung an die Temperatur der Prismen konstant zu halten; zu diesem Zwecke müsste man die Kontakte der augenblicklichen Prismentemperatur entsprechend einstellen, die jedoch nicht bekannt ist, da die Angaben des Thermometers J, wie oben gezeigt wurde, nicht genau der Prismentemperatur entsprechen. Ich habe nun früher[1]) bewiesen, dass ein dem Abkühlungsgesetze folgender Körper stets sehr nahe diejenige Temperatur besitzt, welche in der umgebenden Luft vor $1/\gamma$ Minuten geherrscht hat. Für Spektrograph Nr. III ist $1/\gamma = 92$, und die Prismen werden sich daher, wenn inzwischen keine Störungen vorgekommen sind, sehr nahe auf der Lufttemperatur, die $1^1/_2$ Stunden früher beim Apparate herrschte, befinden. Zur Ermittelung dieser Temperatur wird ein Richard'scher Thermograph benutzt, der neben dem Spektralapparate am Refraktor befestigt ist. Nach den Angaben dieses Instrumentes in Vereinigung mit dem Thermometer J gelingt es bei einiger Erfahrung bald, die augenblickliche Prismentemperatur auf 0,1° richtig einzustellen.

Potsdam, Astrophysikalisches Observatorium, Oktober 1901.

[1]) *Diese Zeitschr.* **17.** *S. 16. 1897.*

Kleines Durchgangsinstrument.

Von
Adolf Fennel in Cassel.

Das nachstehend beschriebene und abgebildete kleine Durchgangsinstrument wird in der Werkstätte von Otto Fennel Söhne in Cassel hergestellt und ist besonders für den Gebrauch in den Kolonien sowohl zur Mitnahme auf geographischen Forschungsreisen als auch zur Aufstellung auf Stationen bestimmt.

Der Bau des Instrumentes im Allgemeinen ist aus der Fig. 1 ersichtlich. Die beiden Fernrohrstützen und die Grundplatte des Instrumentes bestehen aus einem

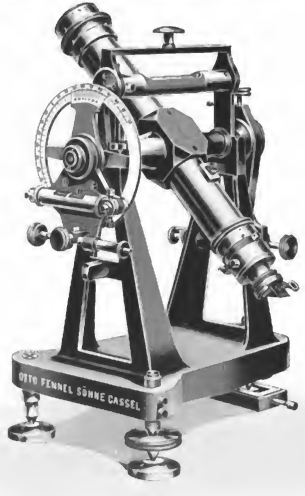


Fig. 1.

einzigen Gussstück aus hartem Rothguss. Die Fernrohrstützen sind, da ihr winkelförmiger Querschnitt hinreichende Sicherheit gegen Verbiegungen gewährt, leicht gehalten, während die hohle Grundplatte innen völlig mit Blei ausgegossen ist. Hierdurch ist eine verhältnissmässig tiefe Lage des Schwerpunktes und eine grosse Standsicherheit des ganzen Instrumentes erreicht worden.

In den Y-förmigen Lagern der Fernrohrstützen ruht die Horizontalachse, die an den Lagerstellen von gehärteten zylindrischen Stahlringen umschlossen ist. Ausser diesen beiden Stahlringen befinden sich keine weiteren Stahl- oder Eisentheile an dem Instrument, sodass bei gehörigem Schutz dieser Ringe durch Einfetten störende Rostbildungen nicht auftreten können. Der Einstellkreis an der Horizontalachse

hat eine frei drehbare Alhidade mit Libelle von 30″ Empfindlichkeit und einen 1 Minute angebenden Doppelnonius. Sowohl die Theilung der Alhidadenlibelle als auch die Theilung der Reiterlibelle auf der Horizontalachse ist mit durchlaufender Bezifferung versehen. Die Empfindlichkeit letzterer Libelle ist gleich 8″. Das Fernrohr hat 29 *mm* Oeffnung und 245 *mm* Brennweite.

Bemerkenswerth sind die neuen Einrichtungen zur Einstellung des Fadennetzes in die Bildebene und zur Berichtigung der Lage des Fadennetzes. Dieselben sind in Fig. 2 besonders dargestellt. Es sind vorhanden

1. Einrichtung zur Verschiebung des ganzen Okularrohres in der Längsrichtung des Fernrohres und Klemmschraube zum Festhalten in der richtigen Lage,
2. Einrichtung zur Drehung des Okularkopfes um die Längsachse des Fernrohres und Klemmschraube zum Festhalten in der richtigen Lage,
3. Einrichtung zur Querverschiebung der Fadenblende parallel zur Horizontalachse.

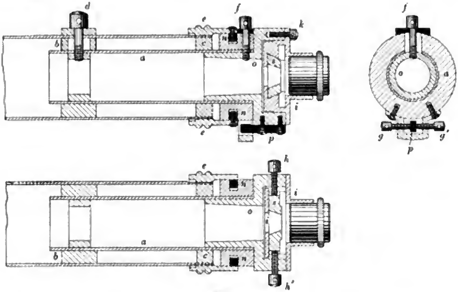


Fig. 2.

Da der Abstand des Fadennetzes vom Objektiv beim Gebrauche des Instrumentes stets nur der sein kann, welcher einem sehr grossen Objekt-Abstand oder meist unendlicher Entfernung entspricht, also gleich der Brennweite, und daher nur geringe Verschiebbarkeit nöthig ist, so ist von der Anbringung eines Okular-Auszuges mit Zahnstange und Getriebe in der bei geodätischen Instrumenten üblichen Form Abstand genommen. Die Ausführung ist vielmehr folgende.

Das Auszugrohr *a* ist durch zwei Ringe *b* und *c* gerade geführt und durch die Schraube *d* an einer Drehung um seine Längsachse gehindert. Die Verschiebung des Auszugrohres *a*, die nur ± 2 *mm* beträgt, erfolgt durch Drehung des geränderten Ringes *e*. Dieser Ring ist auf der einen Seite mit einem inneren Gewinde versehen, das in ein Gewinde auf dem Hauptrohr eingreift, auf der anderen Seite sind in den Ring *e* zwei halbkreisförmige Stücke eingesetzt, die in eine Nuth *n* des verdickten Auszugrohres eingreifen. Dreht man den Ring *e* nach rechts oder links, so schiebt sich das Okularrohr ein oder aus. Die Festklemmung des Okularrohres in der richtigen Stellung, wenn das Fadennetz in der Brennebene sich befindet, erfolgt durch Anziehen der schon erwähnten Schraube *d*.

In dem Okularrohr *a* ist der Okularkopf *o* mit seinem dünneren, zylindrischen Theil so eingepasst, dass er sich nach Lösung der Klemmschraube *f* um einige

Grad drehen lässt, wenn man die Richtschrauben *g* und *g'* abwechselnd lüftet oder anzieht. Diese Richtschrauben haben ihr Gewinde in einem durchbrochenen kleinen Aufsatzstück, das mit dem Okularrohr *a* fest verbunden ist, und drücken gegen ein Anschlagstück *p*, das an den drehbaren Okularkopf *o* fest angeschraubt ist. Hat man mittels der Schrauben *g g'* dem Okularkopf die richtige Stellung gegeben, sodass die Fäden des Fadennetzes rechtwinklig zur Horizontalachse stehen, so zieht man die Klemmschraube *f* an. Die Verschiebung der Fadenblende *s* in horizontaler Richtung erfolgt wie üblich durch zwei Druckschrauben *h h'*. Es ist jedoch besondere Fürsorge getroffen, um im Falle der Beschädigung des Fadennetzes auf einfache Weise die Blende mit dem unbrauchbaren Fadennetz entfernen und eine mitgeführte Reserve-Blende mit Fadennetz oder Strichnetz einsetzen zu können. Löst man nämlich die drei Schrauben *k*[1]) und lüftet die Druckschrauben *h h'* um einige Umdrehungen, so kann man das ganze Stück *i* sammt der Fadenblende *s* aus dem Okularkopf herausnehmen und alsdann die Fadenblende ohne Weiteres seitlich aus diesem Stück *i* herausschieben. Auf ebenso einfache Weise kann man eine Blende mit Reserve-Netz in das Stück *i* einschieben und dieses selbst wieder am Okularkopf befestigen.

Für den Transport des vorstehend beschriebenen kleinen Durchgangsinstrumentes wird ein kräftiger Tragkasten mitgeliefert, in dem das ganze Instrument nebst allen Reservetheilen sicher und spannungsfrei befestigt wird. Das Gewicht des Instrumentes beträgt ohne Kasten 8,2 *kg*, mit Tragkasten 13 *kg*. Der Tragkasten ist 34 *cm* hoch, 26,5 *cm* breit und eben so tief.

Cassel, Oktober 1901.

Transportabler Apparat für Cavendish's Versuch über Massenanziehung.

Von
Max Kohl in Chemnitz.

Bisher war es nicht allgemein möglich, den fundamentalen Versuch von Cavendish zum Nachweis des Gesetzes der Massenanziehung einem grösseren Auditorium vorzuführen. Denn die ursprüngliche Form des Cavendish'schen Apparates (*Phil. Trans.* ***93.*** *S. 388. 1798; Gilbert's Ann.* ***2.*** *1799*) ist nicht für Demonstrationszwecke geeignet, sondern für Einzelbeobachtung und Messversuche bestimmt. Ganz besonders hat die Apparatanordnung den Nachtheil, dass der beanspruchte Raum zu gross ist. Der Waagebalken von Cavendish's Apparat hatte eine Länge von ungefähr 2 *m* und war mit Kugeln von je 0,7 *kg* versehen, auf die grosse Kugeln von etwa 160 *kg* wirkten.

Bei dem von C. V. Boys angegebenen Apparate (vgl. *Nature* ***40.*** *S. 247. 1889; diese Zeitschr.* ***10.*** *S. 69. 1890; Zeitschr. f. d. phys. u. chem. Unterr.* ***1.*** *S. 129. 1887/88;* ***3.*** *S. 37. 1889/90;* ***8.*** *S. 173. 1894/95;* ***10.*** *S. 95. 1897*) sind diese Nachtheile vermieden. Boys legte mit Recht das Hauptgewicht bei der Konstruktion des Apparates darauf, den Aufhängungsfaden möglichst dünn zu nehmen, um so eine ausserordentliche Empfindlichkeit des Systems zu erhalten. Es ist nämlich zu berücksichtigen, dass die Tragkraft eines Fadens mit der 2. Potenz des Durchmessers, die Torsionskraft mit der 4. Potenz des Durchmessers wächst. Es ist aber erforderlich, dass die Torsionskraft im Ver-

[1]) In Fig. 2 ist nur eine derselben sichtbar.

hältniss zur Tragkraft möglichst klein ist, woraus folgt, dass der ganze Apparat in möglichst kleinen Dimensionen auszuführen ist.

Die Lösung der Aufgabe, ausserordentlich feine Fäden herzustellen, die eine für genaue Messungen und zuverlässige Resultate erforderliche Konstanz besitzen, ist nun bekanntlich Boys durch Herstellung der Quarzfäden geglückt (*Proc. Phys. Soc. London 9. 1887*). Die von Boys hergestellten Fäden besitzen Durchmesser bis zu 0,00025 *mm* herab. Für seinen Apparat zur Messung der Massenanziehung verwandte er Fäden von 0,005 *mm* Durchmesser; das von einem solchen Faden getragene Gewicht betrug 1,944 *g* (zwei Kugeln zu je 0,972 *g*), während die grossen Bleikugeln, die die kleinen Kugeln beeinflussten, je 653,1 *g* wogen.

Der Boys'sche Apparat ist nicht transportabel; er war für messende Versuche und nicht als Demonstrationsapparat konstruirt.

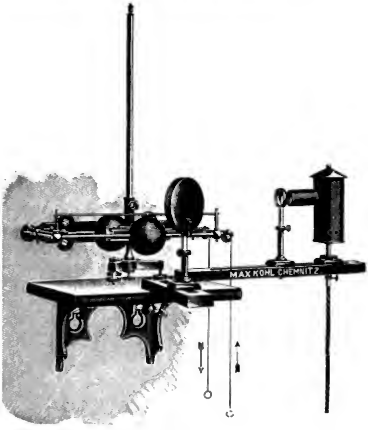


Fig. 1.



Fig. 2.

Im Folgenden sei ein von mir konstruirter *transportabler* Boys'scher Apparat beschrieben, der in meinen Werkstätten versuchsfertig hergestellt wird, sich ohne jede Gefahr versenden lässt und nach Empfang sofort aufgestellt und in Betrieb genommen werden kann.

Fig. 1 zeigt den aufgestellten vollständigen Apparat, Fig. 2 in etwas grösserem Maassstabe den Waagebalken mit Aufhängung und Schutzgehäuse.

Aus Fig. 2 lässt sich erkennen, in welcher Weise der empfindliche Theil des Apparates angeordnet ist. Auf einem kräftigen Dreifuss mit Stellschrauben befindet sich ein drehbares und feststellbares Säulchen, das ein Glasgehäuse, ein weites Messingrohr und ein 40 *cm* langes, enges Messingrohr mit Aufhängevorrichtung trägt. In diesem engen Rohre hängt der Quarzfaden von ungefähr 0,005 *mm* Durchmesser. An seinem unteren Ende ist ein leichtes Gehänge befestigt, das einen kleinen Spiegel

und den Waagebalken trägt und zum Theil von dem kurzen, weiteren Messingrohr umschlossen ist. Zwei in rechtem Winkel zu einander stehende runde Glasfenster mit Verschraubung dienen dazu, einen Lichtstrahl auf den symmetrisch zu ihnen stehenden Spiegel auftreffen und zurückwerfen zu lassen. Der Waagebalken selbst besteht aus einem äusserst dünnen Glasstäbchen, das an seinen beiden Enden je eine kleine Messingkugel von 5,5 *mm* Durchmesser und 0,75 *g* Gewicht trägt. Der Abstand der Mittelpunkte dieser beiden kleinen Kugeln von einander ist 36 *mm*.

Zum Schutze gegen Luftströmungen und rasche Temperaturschwankungen ist der Waagebalken, wie Fig. 2 zeigt, in ein rechteckiges Glasgehäuse mit doppelten Wandungen eingeschlossen. Durch eine Rändelschraube, die das drehbare Säulchen durchsetzt und deren Kopf sich unterhalb desselben befindet, kann die Arretirung des Apparates bewirkt werden. Die Vorrichtung besteht in der Hauptsache aus zwei halbkugelförmigen Lagern, die beim Arretiren die beiden kleinen Kugeln des Waagebalkens in sich aufnehmen, in die Höhe heben und gegen zwei entsprechend geformte Widerlager pressen. Hierdurch wird der Quarzfaden entlastet und der Apparat somit transportabel. Ist der Apparat an seinen Aufstellungsort gebracht, so braucht nur die Arretirung gelöst zu werden, um mit ihm arbeiten zu können.

Der Apparat wird, wie Fig. 1 erkennen lässt, auf ein Wandkonsol mit Brett gestellt; darüber befindet sich, gleichfalls an der Wand befestigt, ein eiserner Rahmen, der zwei Führungsstangen für zwei grosse Bleikugeln trägt. Diese Kugeln können durch Schnüre, die über Rollen führen, um 36 *mm* hin und her verschoben werden, sodass sie in den Endstellungen den kleinen Kugeln das eine Mal auf den linken Seiten, das andere Mal auf den rechten Seiten gegenüber stehen. Es findet demnach entweder eine Anziehung des beweglichen Systems in dem einen oder dem anderen Sinne statt. Das Gewicht jeder der beiden Kugeln beträgt nahe 2980 *g*, der Durchmesser genau 80 *mm*; der Mittelpunkt einer grossen Kugel ist von dem einer beeinflussten kleinen Kugel in der Nulllage 53 *mm* entfernt, und demnach ist der Abstand der Längsachsen der beiden Führungsstangen für die Bleikugeln 106 *mm*.

Um nun die Anziehung der Kugeln und die Drehung des Waagebalkens, die in dem einen oder anderen Sinne erfolgt, einem grösseren Auditorium deutlich zu zeigen, ist es erforderlich, den erhaltenen Ausschlag der Torsionswaage in vergrössertem Maassstabe objektiv darzustellen. Zu diesem Zwecke wird durch eine bikonvexe Linse das Bild eines beleuchteten Spaltes derart an einer an der Wand befestigten Skale erzeugt, dass die Strahlen von dieser Linse durch das eine Fenster des Apparates eintreten, an dem Spiegel des Waagebalkens reflektirt werden, durch das andere Fenster wieder austreten und auf einen Konvexspiegel treffen, von dem aus sie schliesslich auf die Skale gelangen. Namentlich der Konvexspiegel dient dazu, dass der Ausschlag stark vergrössert erscheint; es beträgt der Ausschlag nach jeder Seite ungefähr 40 *cm*, wenn sich die Skale etwa 10 *m* vom Konvexspiegel entfernt befindet.

An dem Konsolbrett sind zwei Leisten mit Schlittenführung befestigt, auf denen sich drei Stative verschieben lassen, um eine sichere Einstellung des Spaltbildes zu erzielen. Die Stative tragen die Glühlampe mit Spaltzylinder, die bikonvexe Linse und den Konvexspiegel.

Eine genaue Anweisung zur richtigen Aufstellung, die ungefähr in einer Höhe von 2,25 *m* über dem Fussboden erfolgt, gebe ich jedem Apparat bei. Damit der Apparat bei gelöster Arretirung keinen Schaden erleidet und die Versuche nicht gestört werden, ist es unbedingt erforderlich, dass die Befestigung an einer völlig erschütterungsfreien Mauer erfolgt.

Ueber das Verhalten der Aneroide bei tiefen Temperaturen.

Von
H. F. Wiebe und **P. Hebe.**
(Mittheilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Die Ausrüstung der deutschen Südpolar-Expedition gab uns Gelegenheit, das Verhalten von Aneroiden in tiefen Temperaturen eingehender, als bisher geschehen war, zu untersuchen. Zwar sind schon früher in einzelnen Fällen, so für die Grönland-Expedition des Hrn. Prof. v. Drygalski, sowie auch für Zwecke der Reichsanstalt selbst, Bestimmungen des Temperaturkoeffizienten für Temperaturen unter Null ausgeführt worden, allein sie erstreckten sich nur auf Versuche bei gewöhnlichem Luftdruck, während die neueren Prüfungen auf Drucke bis 410 *mm* abwärts ausgedehnt wurden.

Am bequemsten lassen sich derartige Untersuchungen im Freien bei Winterkälte ausführen; für die vorliegenden Versuche wurden deshalb die Instrumente in einen allseitig mit Luftlöchern versehenen Holzkasten gesetzt, der im Freien auf einem Balkon Platz fand. Die Vergleichung mit dem Quecksilberbarometer bei künstlich verminderten Drucken wurde in dem von Hebe in *dieser Zeitschr.* **20.** *S. 254. 1900*[1]) beschriebenen Apparat vorgenommen, wobei der Rezipient mit den Aneroiden im Freien stand und durch einen dickwandigen Kautschukschlauch mit dem im Hause befindlichen Quecksilberbarometer verbunden war.

Da einige der Aneroide bei den tiefen Temperaturen in ihren Angaben auffallende Abweichungen gezeigt hatten, die möglicherweise in dem Verfahren begründet sein konnten, so hielten wir eine Kontrole bei künstlicher Abkühlung durch Salzmischungen für erforderlich, wozu einfache, aber gegen Wärmeaufnahme gut geschützte Apparate dienten. Auch hierbei zeigten dieselben Aneroide ähnliche Unregelmässigkeiten, deren Ursache mithin nicht im Prüfungsverfahren selbst liegen konnte.

Zu der Untersuchung dienten 18 deutsche, 4 französische, 2 englische Aneroide; sie wurden Temperaturen zwischen $+22^0$ und -15^0 bei 3 verschiedenen Drucklagen (etwa 760, 590, 410 *mm*) ausgesetzt. Die Prüfungsergebnisse sind in umstehender Tafel zusammengestellt. Fünf deutsche Aneroide (Nr. 1099, 1167, 1169, 3922, 3923), ferner 3 französische (Nr. 1, 2, 3) sowie die beiden englischen Aneroide sind Reiseinstrumente von etwa 14 *cm* äusserem Durchmesser, während die übrigen sämmtlich kleineren Modells von 7 *cm* sind und Nr. 4 sogar nur 5 *cm* Durchmesser hat. Die deutschen (ausgenommen Nr. 1099, 1167, 1169) und die zwei englischen Aneroide haben Vorrichtungen zur Kompensation des Temperatureinflusses, die übrigen nicht, wie aus der Tafel ersichtlich ist.

Die angegebenen Temperaturkoeffizienten sind Mittelwerthe aus 2 bis 6 Einzelbestimmungen, deren jede wieder aus zwei Doppelbeobachtungen besteht.

Aus den Tafelwerthen lassen sich nun folgende Schlüsse ziehen:

1. Wie nicht anders zu erwarten, weisen die Temperaturkoeffizienten für die *nicht* kompensirten Instrumente durchgängig die grösseren Werthe auf und zwar sowohl bei Temperaturen über als auch unter Null. Die Koeffizienten steigen bei diesen Instrumenten bis 0,2, ja in einem Falle bis 0,3 *mm*/Grad, während sie für die kompensirten Instrumente unter 0,1, sogar meist unter 0,05 *mm*/Grad bleiben.

[1]) Vgl. ferner *Zeitschr. f. Vermess.* **26.** *S. 365. 1897.*

Temperaturkoeffizienten in *mm*/Grad.
(Der Betrag aus dem Produkt von Koeffizient und jeweilig beobachteter Temperatur ist den Aneroidangaben behufs ihrer Reduktion auf 0° hinzuzufügen.)

Aneroid	Datum	bei 760 *mm* zw. + 19° u. + 2°	bei 760 *mm* zw. + 2° u. − 12°	bei 590 *mm* zw. + 17° u. + 1°	bei 590 *mm* zw. + 1° u. − 11°	bei 420 *mm* zw. + 18° u. + 1°	bei 420 *mm* zw. + 1° u. − 12°
		a) deutsche Aneroide:					
1099 nicht komp.	Jan. 93	− 0,18	− 0,17				
	Febr. 01	− 0,19	− 0,19				
1167 " "	Jan. 93	+ 0,07	+ 0,02				
1169 " "	" "	− 0,12	− 0,14				
1620 kompensirt	" "	− 0,05	− 0,06				
	April 01	− 0,01	− 0,05	− 0,01	− 0,02		
1896 "	Febr. 01	− 0,04	− 0,06	− 0,03	− 0,02	+ 0,01	+ 0,02
3898 "	" "	+ 0,01	− 0,01	+ 0,01	− 0,16		
3899 "	" "	− 0,03	− 0,02	− 0,01	+ 0,01		
3901 "	" "	− 0,03	− 0,02	− 0,01	− 0,13	+ 0,02	0,00
3902 "	" "	− 0,04	− 0,03	− 0,02	+ 0,02	− 0,06	+ 0,12
3903 "	" "	+ 0,02	+ 0,03	+ 0,04	+ 0,08	+ 0,06	+ 0,04
3904 "	" "	− 0,01	0,00	+ 0,03	+ 0,05	+ 0,03	+ 0,01
3905 "	" "	− 0,01	− 0,01	+ 0,01	− 0,01	+ 0,04	+ 0,01
3922 "	" "	+ 0,01	0,00				
3923 "	" "	− 0,01	0,00				
3997 "	" "	− 0,01	− 0,01	+ 0,01	+ 0,03		
4004 "	" "	− 0,05	− 0,07	+ 0,02	+ 0,02	+ 0,10	+ 0,04
4006 "	" "	− 0,02	− 0,03	− 0,01	− 0,02	+ 0,04	+ 0,02
4023 "	" "	+ 0,04	+ 0,03	+ 0,05	+ 0,07	+ 0,15	+ 0,11
		b) französische Aneroide:					
1 nicht komp.	Jan. 93	− 0,13	− 0,14				
	April 01	− 0,09	− 0,18	− 0,06	− 0,12		
2 " "	Jan. 93	− 0,15	− 0,18				
	April 01	− 0,12	− 0,16	− 0,10	− 0,14		
3 " "	Jan. 93	− 0,05	− 0,11				
	April 01	− 0,04	− 0,14	0,00	− 0,06	+ 0,05	− 0,05
4 " "	Jan. 93	− 0,31	− 0,27				
	April 01	− 0,25	− 0,25				
		c) englische Aneroide:					
1330 kompensirt	Jan. 93	− 0,01	− 0,14				
	April 01	0,00	− 0,14	+ 0,01	− 0,10	+ 0,04	− 0,05
1331 "	Jan. 93	0,00	− 0,03				
	April 01	+ 0,01	− 0,01	+ 0,04	+ 0,03		

2. Wenn man von wenigen Ausnahmen (Nr. 3898, 3901, 3902) zunächst absieht, ergiebt sich, dass hinsichtlich der Abhängigkeit der Temperaturkoeffizienten vom *Druck* alle anderen Instrumente sich gleichartig verhalten, indem die Koeffizienten mit abnehmendem Druck im positiven Sinne wachsen, wie dies bereits früher von Hartl und anderen Beobachtern gefunden wurde. Neu ist nur die Beobachtung, dass dieses Anwachsen nicht nur für gewöhnliche, sondern auch für tiefe Temperaturen stattfindet; auch ist dabei kein wesentlicher Unterschied zwischen den Aneroiden verschiedener Herkunft zu bemerken.

3. Anders macht sich dagegen die Abhängigkeit der Temperaturkoeffizienten von der *Höhe der Temperatur* bei den verschiedenen Instrumenten bemerkbar. Es scheint, dass bei den *nicht* kompensirten Aneroiden die Veränderungen des Koeffizienten mit der Temperatur im Allgemeinen regelmässiger und stärker als bei den kompensirten hervortreten, indem die Koeffizienten mit abnehmender Temperatur durchweg im negativen Sinne wachsen, was namentlich deutlich bei den französischen Instrumenten 1, 2, 3 zum Ausdruck kommt. Bei den kompensirten Aneroiden sind die Koeffizienten an sich allerdings sehr klein, was auf eine gute Kompensation deutet, sie nehmen jedoch theils im positiven, theils im negativen Sinne zu, sodass eine einheitliche Regel nicht erkennbar ist.

Für diejenigen Koeffizienten, bei denen sechs verschiedene Beobachtungen bei gleichen Drucken vorlagen, haben wir den mittleren Fehler der einzelnen Beobachtung berechnet und für die Temperaturen unter null Grad zu ± 0,03 *mm*/Grad gefunden, während er über Null nur ± 0,01 *mm*/Grad beträgt.

Der Temperatureinfluss macht sich bei Aneroiden bekanntlich besonders auf vierfache Weise geltend, nämlich durch Veränderung der Grösse der Dosenoberfläche, durch Ausdehnung der Hebelübertragungen, durch Aenderung der Elastizität der Feder und Dose, endlich durch Aenderung der Spannung der in der Dose etwa zurückgebliebenen geringen Luftmenge.

Nun ist nicht anzunehmen, dass eine dieser Aenderungen unter dem Einfluss der hier in Frage kommenden Temperaturen (+ 22° bis — 15°) sprungweise vor sich gehen wird, sodass die bei den oben erwähnten drei Ausnahmen (Nr. 3898, 3901, 3902) beobachteten Unregelmässigkeiten wohl nur auf Konstruktionsmängel des Mechanismus zurückzuführen sein werden.

Um hierüber einen Anhalt zu gewinnen, wurden mehrere Instrumente geöffnet, wobei der Augenschein jene Annahme zu rechtfertigen schien. Bei manchen deutschen Aneroiden besteht nämlich die Grundplatte, auf der der ganze Mechanismus befestigt ist, aus einer mit dünnem Messingblech überzogenen Eisenplatte, was, wenn nicht die Befestigung nur an einer Stelle stattfindet, zweifellos bei grösseren Temperaturänderungen in Folge der Ausdehnungsunterschiede der verschiedenen Metalle Spannungen und Zerrungen zwischen den einzelnen Theilen des Uebertragungswerks verursachen kann. Die Konstruktion der französischen und englischen Aneroide ist gleichfalls nicht einwandfrei, indem bei ihnen das Uebertragungswerk auf einer kleineren Messingplatte steht, die ihrerseits mittels einer oder zweier Schrauben auf der eisernen Grundplatte befestigt ist. Auch hierbei können, wenn vielleicht auch nicht in gleich grossem Maasse, bei erheblichen Temperaturänderungen in den einzelnen Theilen des Uebertragungsmechanismus unregelmässige Spannungen auftreten und sprungweise Veränderungen in den Angaben der Aneroide bewirkt werden.

Es wäre sicherlich zweckmässiger, zu der Herstellung dieser Theile der Aneroide, also der Grundplatte, sowie der Säulen und Hebel, durchgängig dasselbe Material zu verwenden, natürlich abgesehen von denjenigen Theilen, die zur Kompensation dienen sollen und absichtlich aus zwei verschiedenen Metallen hergestellt werden.

Das Ergebniss der vorstehend mitgetheilten Untersuchungen lässt sich demnach dahin zusammenfassen, dass bei dem derzeitigen Stande der Aneroidfabrikation die Aneroide bei tiefen Temperaturen in ihren Angaben nicht so zuverlässig sind wie in höheren, und dass ferner jedes Aneroid ebenso wie hinsichtlich der elastischen Nachwirkung so auch hinsichtlich des Temperatureinflusses sich individuell verhält und zur Feststellung seiner Eigenschaften einer besonderen Prüfung bedarf.

Referate.

Meteorograph für veränderliche Polhöhe mit grossem Bildfeld und vollständig freier Visur.

Von K. Kostersitz. *Astron. Nachr. Nr. 3727. S. 97. 1901.*

Der Apparat hat den Zweck, grössere Parthieen des Sternenhimmels photographisch aufzunehmen, wie dies namentlich bei der Aufnahme von Sternschnuppenschwärmen erforderlich ist. Er besitzt hierzu vier einander gleiche Kameras mit sehr lichtstarken Objektiven, deren jedes, abgesehen von den übergreifenden Theilen, einen Quadranten der zu beob-

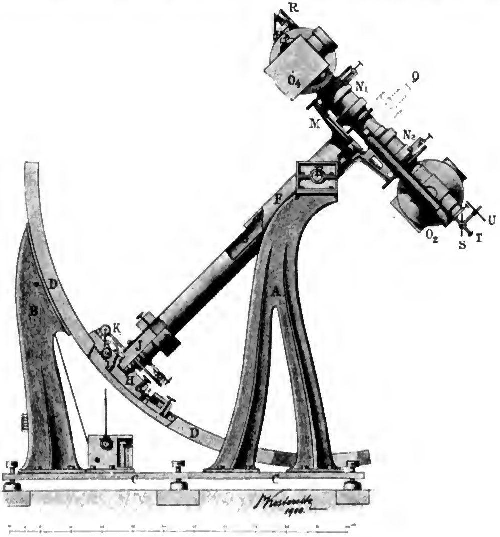


Fig. 1.

achtenden Fläche abbildet. Da die Kameras auf die Flächenstücke während längerer Zeit gerichtet bleiben müssen, so ist der Apparat parallaktisch montirt, und weil er auch zum Gebrauch für Expeditionen eingerichtet sein soll, so ist er mit veränderlicher Polhöheneinstellung versehen. Im Einzelnen ist die Einrichtung folgende.

Zwei Säulen *A* und *B* (Fig. 1)[1]) stehen auf einer durch Fussschrauben horizontal zu stellenden Platte *C*. Die Büchse *F*, in welcher die Polarachse *G* steckt, hängt mit dem Zapfen *E* in einem von der Säule *A* getragenen Lager. Die Polarachse besteht in ihrem oberen Theil aus dem Rohr *G*, in ihrem unteren Theil aus dem in dasselbe einge-

[1]) Die Figuren sind von Hrn. Landesrath Dr. K. Kostersitz in Wien freundlichst zur Verfügung gestellt.

schraubten, massiven Gussstück J, welches auf dem längs des Bogens D durch grobe und feine Bewegung verschiebbaren Lagerstück H ruht und den mit einem Zahnkranz für den Eingriff des Uhrwerkes versehenen Stundenkreis K trägt. Der etwas über dem Stundenkreis K befindliche, auf der Polarachse verschiebbare Ring L dient als Gegengewicht für den oberen Theil des Instrumentes.

Auf der Polarachse sitzt oben eine Platte M (Fig. 1 u. 2), welche die zur Lagerung der Deklinationsachse dienenden Ringe N_1 und N_2, sowie die in den Figuren nicht gezeichneten, einander diametral gegenüberstehenden Nonien und Ableselupen für die beiden Deklinationskreise trägt. Diese letzteren sitzen nicht unmittelbar auf der Deklinationsachse, sondern erst wieder auf Ringen auf, welche um die Deklinationsachse drehbar sind. Dadurch wird bewirkt, dass das Okular des Einstellungsfernrohres, welch letzteres bei R sein Objektiv hat und zum Theil innerhalb der Deklinationsachse liegt, durch Drehung der letzteren in eine bequeme Lage gebracht werden kann.

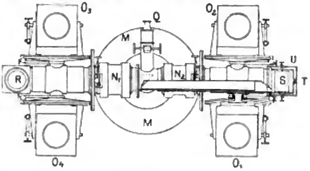


Fig. 2.

Die Kameras, deren je zwei sich gegenüber stehen, haben theodolitische Montirung und diese ist auf den erwähnten, um die Deklinationsachse frei drehbaren Ringen mit Muffen verschraubt. Damit man ohne Mühe zu den Kassetten gelangen kann, stellt man die vier Kameras O_1, O_2, O_3, O_4 so, dass die Strahlen der aufzunehmenden Felder sich kreuzen.

Diese Anordnung kann man auf folgende Weise erreichen. Sind die vier Kameras nach dem Nordpol des Himmels gerichtet, wobei die Grundkreise der theodolitischen Montirungen der Polarachse parallel liegen und die Kameras natürlich ebenfalls der Polarachse parallel in ihren Ständern festgeklemmt sind, so neigt man zunächst die beiden Paare von Kameras gegen einander, indem man eine Drehung in den Tellern der theodolitischen Montirungen um den halben Winkel des Gesichtsfeldes weniger dem halben Betrag, um welchen die Gesichtsfelder in einander übergreifen sollen, vornimmt, und neigt dann noch durch Drehen in den Ständern der theodolitischen Montirungen um den nämlichen Winkel die Kameras jedes der beiden Paare gegen einander.

Nachdem diese Anordnung getroffen, stellt man an den neben N_1 und N_2 befindlichen Deklinationskreisen die Deklination und am Stundenkreis den Stundenwinkel des Mittelpunktes der aufzunehmenden Fläche ein.

Bei T ist ein Diopter angebracht, durch welches man mittels des unter 45 Grad gegen die Visirrichtung geneigten Spiegels S und des Kreisringes U sich einen Ueberblick über die vom Apparat aufgenommene Fläche verschaffen kann.

Wird der Apparat zu einem anderen als seinem ursprünglichen Zwecke, etwa zur Aufnahme der Milchstrasse verwandt, so giebt man den Kameras natürlich besser eine andere Anordnung.

Das Recht der Ausführung des Apparates ist der optischen Werkstätte von Voigtländer & Sohn in Braunschweig übertragen. *Kn.*

Experimentelle Untersuchungen über die Deformationen bei der Berührung elastischer Körper.

Von A. Lafay. *Ann. de chim. et de phys.* **23.** *S. 241. 1901.*

Die Untersuchungen des Verf. sind hauptsächlich im Hinblick auf die Fehler unternommen, welche bei Benutzung von Endmaassstäben bei nicht genügender Berücksichtigung der auf die Endflächen in Richtung der Achse ausgeübten verschiedenen Drucke begangen werden können.

Eine theoretische Behandlung der in Frage kommenden Erscheinungen rührt von Hertz her, welcher fand, dass die Eindrückung α zweier sich berührender Kugelflächen von den Krümmungsradien R_1 und R_2 abhängig ist vom ausgeübten Druck p und zwar derart, dass α proportional $p^{2/3}$ ist. Die vorliegende Abhandlung ist wesentlich der Prüfung dieses Gesetzes gewidmet.

Zu den Beobachtungen diente in erster Linie eine zweiarmige Waage in der Modifikation, wie sie in Fig. 1 und in Einzelheiten in Fig. 2 dargestellt ist. An der linken Seite der Waage hängt an den Röhren T ein etwa 10 *kg* schwerer Ring A, in welchen drei kugelförmig abgerundete Stifte t aus dem zu untersuchenden Material eingesetzt sind; letztere ruhen auf drei eben abgeschliffenen Kegelstümpfen a, die in eine feste, auf Säulen s ruhende Grundplatte D versenkt sind. Der Druck, mit welchem die Stücke t und a aufeinander gepresst werden, hängt von der Belastung der Waage auf der linken und rechten Seite ab, die in F und R durch Quecksilber erfolgt. Mit Hülfe einer Arretirung K konnte die Belastung ohne Stoss in Wirkung treten.

Zur Bestimmung der Deformation von t auf a diente die Interferenzmethode. Zwischen der in die Platte D versenkten, schwach konvex geschliffenen Glasplatte d, deren Justirung durch Schrauben r erfolgen konnte, und der planen, in ihrer Lage ebenfalls justirbaren

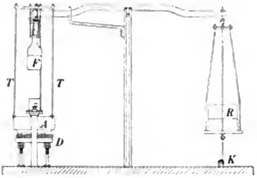


Fig. 1.

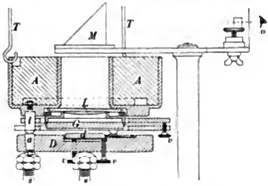


Fig. 2.

Glasplatte G entstehen durch monochromatisches Licht, welches durch das totalreflektirende Prisma M und eine passend gewählte Linse L einfällt und auf demselben Wege zum Auge o zurückgelangt, Newton'sche Ringe; ihre Lagenänderung ist ein Maass für die Annäherung oder Entfernung von d und G und damit für die Deformation der Stücke t auf a.

Eine zweite Vorrichtung, die Deformation zu messen, welche namentlich da zur Anwendung kam, wo es sich um die gegenseitige Deformation zweier kugelförmiger Flächen handelte, bestand im Wesentlichen aus einem ungleicharmigen Hebel, in dessen kurzen Arm der eine Körper eingesetzt war, während der zweite Druckkörper sich genau senkrecht unter ihm in einem festen Lager befand. Die Belastung erfolgte hier direkt am kurzen Hebelarm gleichfalls wieder durch ein Gefäss mit einer variablen Quecksilbermenge. Die Interferenzerscheinung wurde in diesem Falle auf der Seite des langen Hebelarmes zwischen zwei Flächen erzeugt, deren eine sich am Hebelarm selbst, deren andere sich im festen Lager befand.

Die Versuche erstreckten sich der Hauptsache nach auf harten Stahl und Bronze; sie wurden derart angestellt, dass man die Belastung einen vollen Kreis durchlaufen liess, d. h. mit geringer Belastung begann, allmählich zu einem Maximum fortschritt und zum Ausgangswerth zurückkehrte. Dabei zeigte sich, dass bei geringer Maximalbelastung beide Zweige der Kurve, welche die Deformation in Abhängigkeit vom Drucke darstellt, zusammenfielen. Das Gleiche trifft aber bei einem höheren Maximaldrucke nicht mehr zu; vielmehr erhielt man in diesem Falle bei Stahl eine vollkommen deutliche Hysteresisschleife, welche ihre Existenz der Wärmeentwickelung bezw. Wärmeabsorption bei der Kompression bezw. Dilatation verdankt. Dass dem wirklich so ist, geht daraus hervor, dass man die Hysteresisschleife auch bei geringerer Maximalbelastung erhalten kann; man muss nur hin-

reichend schnell operiren, sodass zum Wärmeausgleich keine genügende Zeit verbleibt. Bei Bronze erhält man durch die zyklische Belastung bei genügend hoher Maximalbelastung eine deutlich ausgesprochene dauernde Deformation, welche ihr Entstehen einem Knicke im aufsteigenden Zweige verdankt.

Hinsichtlich der Gültigkeit der Folgerungen aus der Hertz'schen Theorie ergaben die Beobachtungen, dass α mit der Potenz $^2/_3$ von p sich nur dann ändert, wenn man es mit relativ beträchtlichen Deformationen zu thun hat. Dagegen treten starke Divergenzen zwischen den beobachteten und theoretischen Werthen bei geringen Deformationen auf. Der Verf. hatte zunächst vermuthet, dass der Grund für diese Erscheinung in der gegenseitigen Reibung der der Untersuchung unterworfenen Körper zu suchen sei; indessen hatten Versuche mit Oel, welches man zwischen die Körper brachte, das Unhaltbare dieser Ansicht dargethan. Uebrigens war schon bei einer Belastung von nur 100 *g* die Oelschicht so dünn ausgedrückt, dass durch sie eine merkliche Beeinflussung des Interferenzbildes nicht mehr zu konstatiren war.

Auf Grund seiner experimentell gewonnenen Ergebnisse hat der Verf. endlich versucht, die Abhängigkeit des α von p nach einer anderen Potenz zu finden. Setzt man $\alpha = kp^\gamma$, wo k und γ Konstante bedeuten, so zeigt sich, dass mit wachsendem R die Grösse γ mehr und mehr abnimmt und sich dem Werth $^1/_2$ annähert. In Wirklichkeit ist die Abhängigkeit des α von p und den übrigen Parametern eine ziemlich komplizirte. Verf. versucht wohl einen Begriff von der allgemeinen Form dieser Funktion zu geben, empfiehlt aber schliesslich, rein empirisch in vorkommenden Fällen durch einige Messungen nach einer der seinen ähnlichen Methode die bestehende Beziehung zu suchen. Er meint, dass eine experimentell gefundene Kurve mit den Koordinaten $\alpha\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)$ und $p\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)^2$ genügen wird, die entsprechenden metrologischen Korrektionen abzuleiten. *Schl.*

Ueber die angebliche Anomalie des Sauerstoffs bei geringem Drucke.

Von M. Thiesen. *Ann. d. Physik* **6.** *S. 280. 1901.*

Der Plan und die Methode der Untersuchung des Verf. ist bereits im Thätigkeitsberichte der Phys.-Techn. Reichsanstalt (*diese Zeitschr.* **21.** *S. 107. 1901*) erwähnt. Kurz skizzirt bestand die Methode darin, dass man Sauerstoff aus Quecksilberoxyd entwickelte, ihn in einen Ballon von etwa 10 *l* leitete und seinen Druck in diesem Ballon bestimmte. Dann wurde dies Sauerstoffvolumen auf einen oder zwei weitere, vorher evakuirte Ballons vertheilt und untersucht, ob sich das aus den gemessenen Drucken abgeleitete Volumen-Verhältniss der in Frage kommenden Ballons unabhängig von dem Anfangsdruck ergab.

Die benutzten Ballons waren Glasballons, welche durch Quecksilberverschlüsse (*diese Zeitschr.* **21.** *S. 177. 1901*) gegen einander sowie gegen die Luftpumpe und das Entwicklungsgefäss abgesperrt werden konnten. Die Ballons waren in Sand eingebettet; die Temperatur des Gasvolumens wurde durch Thermometer gemessen, welche in nahe der Ballonwandung in den Sand gestossene, unten geschlossene und mit einem Wattepfropf versehene Röhren eingeführt waren. Die Drucke wurden mit einem Manometer gemessen, welches schon früher beschrieben ist (vgl. *diese Zeitschr.* **20.** *S. 350. 1900*).

Diese Versuche ergaben zwar bei Weitem nicht so grosse Abweichungen vom Boyle-Mariotte'schen Gesetze, wie sie frühere Beobachter gefunden hatten, immerhin blieben aber auch hier kleine Abweichungen erkennbar. Da Verf. glaubte, die Ursache hierfür in dem Einfluss der Wände suchen zu sollen, so wiederholte er seine Versuche, nachdem er einen Ballon (mit nicht weiter behandelter Glaswolle) von etwa 0,02 *mm* Fadendurchmesser füllte und zwar mit einer solchen Menge, dass sich jetzt die Oberfläche des Ballons zu seinem Inhalt wie bei einem etwa 6 *mm* weiten Rohr verhielt. Indessen blieben auch jetzt noch Abweichungen bestehen, für welche Verf. eine Erklärung nicht zu finden vermochte.

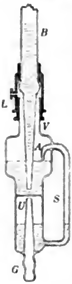
Das Schlussergebniss seiner Untersuchungen fasst der Verfasser unter gleichzeitiger Berücksichtigung der früheren Beobachtungen in folgenden Sätzen zusammen:

„Es ist nicht unwahrscheinlich, dass die Anomalie, welche Sauerstoff bei einem Drucke von 0,7 *mm* zeigen soll, nicht existirt, dass vielmehr Versuchs- und Messungsfehler zu ihrer Annahme geführt haben. Keinesfalls ist diese Anomalie eine stets oder unter bekannten Bedingungen in bestimmter Grösse auftretende Erscheinung.“ *Schl.*

Laboratoriumsbarometer mit automatischer Nulleinstellung.

Von B. Woringer. *Zeitschr. f. phys. Chem.* **38.** *S. 326. 1901.*

Die automatische Nulleinstellung ist in der nebenstehenden Figur wiedergegeben. *A* ist das Gefäss des Barometers, in welches das durch die Stahlfassung *LV* aufgesetzte Barometerrohr eintaucht. In das Gefäss *A* des Barometers taucht das eine zur Spitze ausgezogene Ende eines U-förmig gekrümmten Heberrohres *S* ein, welches die Verbindung mit einem unter dem Gefäss *A* angeordneten zweiten Reservoir *U* vermittelt, das gleichfalls theilweise mit Quecksilber gefüllt ist. In das Reservoir *U* ist ein beiderseits offenes Rohr eingesetzt, welches über dem Quecksilberspiegel mündet und auf dessen freies Ende *G* ein Gebläse aufgeschoben werden kann. Bläst man durch dieses Rohr Luft ein, so wird durch *S* Quecksilber von *U* nach *A* transportirt, welches aber nach Aufheben des Druckes so lange wieder zurückfliesst, bis die Spitze in *A* eben frei wird und das Spiel des Hebers unterbrochen wird. Das Abreissen des Quecksilbers an der Spitze erfolgt stets in derselben Weise, sodass sich die Quecksilberoberfläche bis auf 0,02 *mm* immer in der gleichen Höhe einstellt. Diese Einstellungsgenauigkeit ist aus einer Reihe von Messungen, die Verf. in der Arbeit veröffentlicht, bei verschiedenartiger Verwendung der Vorrichtung ersichtlich. *Schl.*



Wasserbad von konstanter Temperatur.

Von J. C. Schalkwijk. *Communic. Phys. Labor. Univers. Leiden Nr. 70. 1901.*

Das der Wasserleitung entnommene Wasser wird unter konstantem Druck zunächst einem Heizbad zugeführt und tritt von diesem in ein Mischbad von sechsmal grösserem Rauminhalt, sodass Schwankungen der Temperatur im Heizbad im Mischbad auf den sechsten Theil herabgemindert werden. Im Heizbad wie im Mischbad wird das Wasser kräftig gerührt. Aus dem Mischbad tritt das temperirte Wasser durch ein gut isolirtes Rohr in das eigentliche Beobachtungsbad, welches es am entgegengesetzten Ende verlässt.

Die Regulirung der Heizung im Heizbad geschieht mit Hülfe eines Xylol-Thermoregulators. Im Heizbad befindet sich eine 12,5 *m* lange, vielfach gewundene, mit Xylol gefüllte Schlange. Bei Temperaturerhöhung wirkt das sich ausdehnende Xylol in bekannter Weise auf einen Quecksilberfaden, der die Gaszufuhr zum Regulirbrenner schliesst. *Schl.*

Studien über die Thermochemie sehr verdünnter Lösungen.

Von H. von Steinwehr. *Zeitschr. f. phys. Chem.* **38.** *S. 185. 1901.*

Die vorliegende Arbeit, ein Auszug aus der Inauguraldissertation des Verfassers (Göttingen 1900), beschäftigt sich mit der Bestimmung der Wärmetönung chemischer Prozesse, deren Temperaturänderung so klein ist (von der Grössenordnung eines hundertstel Grad), dass die Empfindlichkeit der gewöhnlich benutzten kalorimetrischen Methoden zu ihrer Bestimmung nicht ausreicht.

Ohne auf die rein thermochemischen Resultate des Verf. einzugehen, soll hier lediglich über die benutzte physikalische Methode sowie über den instrumentellen Theil der Arbeit berichtet werden.

Das Prinzip der von Nernst vorgeschlagenen Methode besteht im Wesentlichen in Folgendem: Die zu bestimmende Wärmetönung einer Reaktion wird kompensirt durch eine wohl definirte Energiemenge, entweder in der Weise, dass in einem von zwei unter gleichen

Versuchsbedingungen angeordneten Kalorimetern die Reaktion vor sich geht, während dem andern eine gleiche, gemessene Wärmemenge zugeführt wird, oder, wenn die Reaktion mit einer Abkühlung verbunden ist, indem die zur Kompensation dienende gemessene Energiemenge in das nämliche Kalorimeter gebracht wird, in welchem die Reaktion stattfindet, oder endlich, besonders bei kleineren Energiemengen, indem die durch Reaktion hervorgerufenen Temperaturdifferenzen mit den durch die hinzugeführte bekannte Wärmemenge erzeugten in Proportion gesetzt werden.

Als Kalorimeter dienten zwei kleine Akkumulatorengefässe, welche, durch Kork isolirt, in einem grösseren Akkumulatorengefässe standen; dieses befand sich in einem 18 *l* enthaltenden Wasserbade. Für Wärmeisolation war durch Verwendung von Filzplatten u. dgl. gesorgt; auch dienten Rührwerke zur Vermeidung von irgend welchen plötzlichen Temperaturschwankungen, sodass es nach Angabe des Verf. zeitweise möglich war, die von der Zimmertemperatur wenig verschiedene Temperatur der Kalorimeter 10 Minuten lang auf zehntausendstel Grad konstant zu halten.

Der wichtigste Apparat der ganzen Versuchsanordnung war ein hinreichend empfindlicher Temperaturmesser. Quecksilberthermometer und Bolometer erwiesen sich als nicht brauchbar; dagegen war ein aus 20 Einzelelementen zusammengesetztes Thermoelement Konstantan-Eisen genügend empfindlich, dessen Löthstellen, an einem länglichen Hartgummibrett geeignet befestigt, in die beiden erwähnten Kalorimeter eintauchten. Ihre Temperaturdifferenz wurde gemessen durch die direkten Ausschläge eines 20-ohmigen D'Arsonval-Galvanometers von Siemens & Halske. Der Widerstand des Thermoelements betrug etwa 15,7 Ohm, die Empfindlichkeit des Galvanometers, in Temperaturgraden ausgedrückt, etwa $4{,}5 \cdot 10^{-4} \frac{\text{Grad}}{mm}$, sodass noch kleinere Beträge als ein Zehntausendstel genau messbar waren.

Die Zuführung der bekannten Energiemenge geschah durch eine sehr kleine Glühlampe, welche an etwa 1,5 *mm* starken, mit Schellack isolirten Kupferdrähten befestigt war. Ihr Wattverbrauch, im Durchschnitt etwa 0,8 Watt, wurde durch Messung der Klemmenspannungen an der Glühlampe und an einem bekannten Widerstand aus Konstantan nach der Poggendorff'schen Kompensationsmethode ermittelt. Da die Messmethode eine Aenderung der Leistung der Glühlampe nicht zuliess, blieb zur Herstellung variabler Energiemengen nur eine Veränderung der Zeit des Stromschlusses übrig, welche durch eine Sekundenuhr gemessen wurde, deren Arretirung mit dem Stromschlüssel in geeigneter Weise verbunden war. Die gemessenen Zeiten lagen zwischen 15 und 120 Sek.

Die absolute Temperatur der Kalorimeter wurde durch ein in zehntel Grad getheiltes Quecksilberthermometer ermittelt.

Erwähnenswerth ist noch, dass die zum Einbringen der Reaktionsflüssigkeit in die Kalorimeter dienenden Pipetten derartig konstruirt waren, dass nach ihrem Entleeren ein Nachblasen von Luft vermieden werden konnte.

Bei der Ausführung der Versuche war noch auf eine Anzahl Korrektionen zu achten, welche durch den allerdings sehr klein zu machenden Temperaturgang in den Kalorimetern, durch ihre verschiedene Wärmekapazität und durch die nicht vollständige Kompensation der Energien verursacht wurden. *Rt.*

Untersuchungen über Platinwiderstände und Petrolätherthermometer.

Von L. Holborn. *Ann. d. Physik* **6.** *S. 242. 1901.*

Diese in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt ausgeführte Arbeit ist als eine Fortsetzung und Ergänzung zu betrachten erstens der Untersuchungen von Holborn und Wien, Ueber die Messung tiefer Temperaturen, *Wied. Ann.* **59.** *S. 213. 1896.* und zweitens der Arbeit von F. Kohlrausch, Ueber die Wärmeausdehnung des Petroläthers und ein Thermometer für sehr tiefe Temperaturen, *Wied. Ann.* **60.** *S. 463. 1897*; Referat in *dieser Zeitschr.* **17.** *S. 189. 1897.*

Die Abhandlung ist in fünf Abschnitte getheilt: 1. Vergleichung von Platinwider-

ständen mit dem Wasserstoffthermometer, 2. Vergleichung des Stickstoffthermometers mit dem Wasserstoffthermometer, 3. Vergleichung von Platinthermometern mit dem Stickstoffthermometer bei höherer Temperatur, 4. Siedepunkt von Sauerstoff, 5. Petrolätherthermometer.

1. Als Widerstandsmaterial diente Platin von vier verschiedenen Drahtsorten, zwei von der *Cambridge Scientific Instrument Company* in Cambridge (England), zwei von W. C. Heraeus in Hanau bezogen, aus denen im Ganzen 6 Platinthermometer (bezeichnet mit Nr. 0, 1, 2, 3, 4, 5) hergestellt waren. Die äussere Form ist die von Callendar angegebene[1]). Die Widerstandsbeträge wurden aus Strom- und Spannungsmessung mittels eines Kompensationsapparates erhalten; der Messstrom betrug nicht über 0,002 Amp.

Das Gasthermometer mit konstantem Volumen war das nach dem Wiebe-Böttcher'schen Modell verfertigte, früher von Holborn und Day (Ueber das Luftthermometer bei hohen Temperaturen, *Wied. Ann.* **68.** *S. 817. 1899;* Referat in *dieser Zeitschr.* **21.** *S. 84. 1901*) benutzte Instrument, dessen Gefäss aus Jenaer Glas 59^{III} mit elektrolytisch gewonnenem Wasserstoff von dem Anfangsdruck von etwa 100 *cm* Quecksilber bei 0° gefüllt war; das Verhältniss des schädlichen Raumes zum Gefässvolumen betrug 0,00602; der Ausdehnungskoeffizient des Wasserstoffs ergab sich zu 0,003665.

Als Temperaturbäder dienten in bekannter Weise flüssige Luft und eine Kohlensäure-Alkohol-Mischung. Die Abhängigkeit des Platinwiderstands von der Temperatur wird in den Grenzen von 0° bis — 191° dargestellt durch die Formel

$$W = W_0(1 + \alpha t + \beta t^2),$$

wo α, β für die benutzten vier Drahtsorten die Werthe

$\alpha = +0{,}003\,824$	$\beta = -0{,}000\,000\,862$	(Widerstand Nr. 0)
3 890	1 013	(Widerstand Nr. 1)
3 889	1 003	(Widerstand Nr. 2)
3 934	0 988	(Widerstand Nr. 3, 4, 5)

besitzen.

2. Die Vergleichung von Wasserstoff- und Stickstoffthermometer geschah dadurch, dass beide auf das Platinthermometer bezogen wurden. Der Stickstoff wurde aus Ammoniumnitrit bereitet, sein Ausdehnungskoeffizient zu 0,003677 ermittelt; der Anfangsdruck war 1002,8 *mm* Quecksilber bei 0°. Die Differenz der Angaben beider Gasthermometer beträgt bei — 190°

$$0{,}50^\circ \pm 0{,}06^\circ,$$

um welche das Stickstoffthermometer niedriger zeigt.

3. Die obige Formel für die Abhängigkeit des Platinwiderstands von der Temperatur lässt sich auf positive Temperaturen nicht extrapoliren, da die Abweichung bei + 100° schon über 2° beträgt. Es wurden deshalb in Temperaturen bis gegen + 500° direkte Vergleichungen mit dem Stickstoffthermometer (Anfangsdruck 473,23 *mm* Quecksilber bei 0°, Ausdehnungskoeffizient 0,0036673) ausgeführt, wobei als Temperaturbad geschmolzener Salpeter benutzt wurde. Die Ausdehnung des Glasgefässes aus Jenaer Glas 59^{III} wurde dabei gemäss den von Holborn und Grüneisen (*Ann. d. Physik* **6.** *S. 136. 1901:* Referat in *dieser Zeitschr.* **21.** *S. 273. 1901*) gefundenen Werthen in Rechnung gesetzt. Auch in dem Beobachtungsintervall (0° bis + 500°) gilt eine Darstellung von obiger Form, freilich mit andern Werthen der Koeffizienten; es werden mitgetheilt

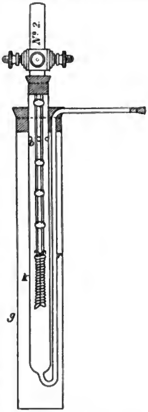
$\alpha = +0{,}003\,923$	$\beta = -0{,}000\,000\,585$	(Widerstand Nr. 1)
3 966	582	(Widerstand Nr. 4).

Umgekehrt gelten die Formeln mit diesen Koeffizienten nicht für Temperaturen wesentlich unter — 78°; die Abweichung beträgt bei — 191° mehr als 2°.

[1]) Ueber die bei einer derartigen Form möglichen Fehlerquellen vgl. C. Chree, *Proc. Roy. Soc.* **67.** *S. 3.* Die von Chappuis und Harker, *Trav. et Mém. du Bureau intern. des Poids et Mesures* **12.** *S. 19. 1900* benutzte Anordnung scheint davon freier zu sein.

Eine Vergleichung der durch diese Versuche ermittelten Stickstoffskale mit der von **Chappuis** und **Harker** aufgestellten ist in sofern möglich, als der Temperaturkoeffizient des von diesen Beobachtern benutzten Platinthermometers K_8 fast identisch ist mit dem wiederholt erwähnten Nr. 1, also vermuthlich aus demselben Drahtvorrath stammt (Cambridge). Der Unterschied der Skalen beträgt dann bei 445° etwa 0,45°, um welchen Betrag die **Chappuis-Harker**'sche Skale höher liegt, eine Differenz, welche wahrscheinlich in der von den letztgenannten Beobachtern benutzten Extrapolation für die Gefässausdehnung ihren Ursprung findet.

4. Zur Bestimmung des Sauerstoffsiedepunkts, welcher gleichzeitig als Kontrolpunkt zur Prüfung der Konstanz von Platinthermometern zu benutzen ist, diente der nebengezeichnete Apparat, in welchem sowohl die Kondensation des zu gewinnenden flüssigen Sauerstoffs, wie auch seine Verdampfung von Statten ging. Das Gas wurde aus Kaliumchlorat mit etwas Braunsteinzusatz hergestellt, und, nachdem es durch Kalilauge und über Chlorkalzium gestrichen war, in das Röhrchen *r* geleitet, welches sich mitsammt dem 2 *cm* weiten Sammelgefäss *k* in flüssiger Luft befand. Beim Siedeversuch wurde *r* mit einem Kork verschlossen und an Stelle des die flüssige Luft enthaltenden Gefässes trat der Zylinder *g*, in den die Sauerstoffdämpfe durch die Löcher *o* nach unten entweichen konnten. Der definitive, auf 760 *mm* Quecksilberdruck bezogene Werth des Sauerstoffsiedepunkts ist



$$-182,7^\circ$$

und in guter Uebereinstimmung mit dem von **Dewar** mittels des Wasserstoffthermometers direkt ermittelten $-182,5^\circ$.

5. Versuche, eine einheitliche Thermometerflüssigkeit an Stelle des von F. **Kohlrausch** zuerst verwendeten Petroläthers zu finden, welche bei der Temperatur der flüssigen Luft noch nicht gefriert, waren ohne Erfolg. Ueber die Herstellung des für thermometrische Zwecke brauchbarsten Petroläthers und die Füllung der Thermometer seien folgende Angaben mitgetheilt.

Es wird ein aus dem käuflichen Material durch fraktionirte Destillation im Wasserbade (25° bis 30°) hergestelltes Produkt von etwa 20° Siedepunkt benutzt, das über Phosphorpentoxyd aufgefangen wurde. Ein noch niedriger siedendes Destillat ist aus dem Grunde nicht zu empfehlen, weil es bei -190° flockige Niederschläge im Gefäss bildet und seine Aufbewahrung mit Schwierigkeiten verknüpft ist. Diese geschieht in Glasflaschen mit Schliff und Quecksilberverschluss, welch letzterer eine etwa 10 *cm* hohe Quecksilbersäule fassen kann. Die Ausdehnung des Petroleumäthers wurde bei -78° und bei -190° durch Vergleichung mit einem Platinthermometer bestimmt und durch eine quadratische Gleichung

$$V = V_0 (1 + a\,t + b\,t^2)$$

dargestellt, in der V das Volumen bedeutet und beispielsweise für ein bestimmtes Destillat den Koeffizienten die Werthe

$$a = +0,00146 \qquad b = +0,00000160$$

zu ertheilen sind. Die verschiedenen Destillate unterscheiden sich aber hinsichtlich ihrer Ausdehnung um mehrere Prozent. Nach der Ausdehnungsformel wurde in bekannter Weise eine Mutterskale für die anzufertigenden Thermometer hergestellt; der Gradwerth ist bei -80° um etwa 18%, bei -190° um etwa 43% kleiner als bei 0°.

Vor dem Füllen sind die mit Quecksilber ausgewogenen Röhren zu evakuiren, damit der Petroläther möglichst wasserfrei eintritt, und vor dem Zuschmelzen die Thermometergefässe in feste Kohlensäure zu bringen, damit nach dem Schliessen der Röhre über der Kuppe eine Dampfsäule von grösserem Druck ruht. Bei Beobachtung der zu einer sicheren

Einstellung nothwendigen Vorsichtsmaassregeln betragen die Abweichungen im Mittel $\pm 1^\circ$ bei -190°.

Im Anschluss an die im Vorstehenden mitgetheilten Messungen bei tiefen Temperaturen seien folgende Bemerkungen gestattet. Nimmt man für ein Widerstandsthermometer die obige Formel

$$W = W_0 (1 + \alpha t + \beta t^2)$$

über das Temperaturintervall 0° bis -190° als gültig an, so wird durch sie eine Temperaturskale definirt, welche den Beobachtungen zu Folge bei 0°, -78°, -190° mit dem Wasserstoffthermometer übereinstimmt. Das Gleiche gilt von der für ein Petrolätherthermometer aufgestellten

$$V = V_0 (1 + a t + b t^2).$$

Naturgemäss entsteht hier die Frage nach der vorhandenen Uebereinstimmung der beiden so definirten Skalen unter einander und mit dem Wasserstoffthermometer *längs des ganzen oben bezeichneten Intervalls*. Diese Frage ist bei dem bisherigen Stande des Beobachtungsmaterials nur zum Theil zu beantworten. Zwar zeigt die Holborn und Wien'sche Vergleichung eines Platinwiderstandes mit dem Wasserstoffthermometer auch bei einigen Zwischentemperaturen (namentlich in der Nähe des Aetherschmelzpunkts, -118°) eine Uebereinstimmung bis auf 1°, für die Skale der Petrolätherthermometer ist aber eine derartige Uebereinstimmung wahrscheinlich nicht vorhanden, was „für etwas höhere Temperaturen" der Verf. auch andeutet. Das Gleiche gilt vermuthlich für die ebenfalls von Holborn und Wien aus Beobachtungen bei -78° und -189° aufgestellte Formel

$$t = a e + b e^2$$

der elektromotorischen Kräfte eines Thermoelements Konstantan-Eisen. Die Schwierigkeiten, welche sich der einwandsfreien Erledigung dieser Fragen zur Zeit entgegenstellen, liegen in erster Linie in der Herstellung genügend konstanter Zwischentemperaturen. *Rt.*

Allgemeine Eigenschaften der Bilder, welche bei einem System zentrirter brechender Flächen von den Zentralstrahlen erzeugt werden.

Von R. Sissingh. *Verhandl. d. Akad. van Wetensch. Amsterdam* **7.** *Nr. 5. 1900.*

Als Bestimmungsstücke eines Strahls benutzt der Verf. die Divergenz, d. h. die Neigung gegen die optische Achse, und die Amplitude, d. h. die Höhe, in der die brechende Fläche durchsetzt wird. Der Vortheil dieser Wahl beruht darauf, dass die Bestimmungsstücke eines austretenden Strahls lineare Funktionen derjenigen des eintretenden sind. Die Konstanten dieser Funktionen haben eine einfache physikalische Bedeutung, es sind die Lateralvergrösserung und das Konvergenzverhältniss in dem Bildpunkt, der dem Scheitel der ersten brechenden Fläche in Bezug auf das System konjugirt ist, sowie die vordere und hintere Brennweite des Systems. Es gelingt so dem Verf. leicht, die bekannten Sätze der Gauss'schen Theorie abzuleiten. Die einleitenden historischen Bemerkungen über ähnliche Behandlungen dieser Theorie sind etwas lückenhaft; so durfte namentlich L. Seidel (Zur Dioptrik. *Astr. Nachr. 1853. Nr. 871*) nicht übergangen werden.

Im zweiten Theil werden nach dieser Methode die von der Strahlenbegrenzung abhängigen Eigenschaften der optischen Systeme, im dritten Theil die optischen Konstanten des Auges und deren Veränderung mit der Akkommodation behandelt, worauf noch kurz auf die Bedingungen für die Achromasie eines Systems eingegangen wird. *A. K.*

Methode zur Analyse harmonischer Wellen.

Von J. Fischer-Hinnen. *Elektrotechn. Zeitschr.* **22.** *S. 396. 1901.*

Die Methode von Fischer-Hinnen erinnert an die von Houston und Kennelly angegebene (vgl. *diese Zeitschr.* **19.** *S. 372. 1899*), ist aber bedeutend leichter zu handhaben, als die letztgenannte.

Das Verfahren beruht auf folgendem mathematischen Satze: Man begrenze auf der Abszisse einer Sinuslinie eine Strecke m, die einem ganzen Vielfachen (z. B. 6-fachen) einer Wellenlänge gleich ist; theilt man diese Strecke in n gleiche Theile und addirt unter Berücksichtigung des Vorzeichens die zugehörigen Ordinaten, so erhält man im Allgemeinen Null; nur wenn m gleich oder ein ganzes Vielfaches von n ist (z. B. $n = 3$), so ist diese Summe gleich dem n-fachen der Anfangsordinate. Mathematisch wird dieser Satz durch die Formel ausgedrückt:

$$\sum_{\lambda=1}^{n} \sin m\left(\alpha + \alpha_m + \frac{2\pi\lambda}{n}\right) = 0 \text{ (wenn } m/n \text{ keine ganze Zahl)}$$

$$\text{oder} = n \sin(\alpha + \alpha_m) \text{ (wenn } m/n \text{ eine ganze Zahl).}$$

Grenzt man nun bei einer beliebigen periodischen Kurve auf der Abszissenachse eine Strecke ab, die einer vollen Periode gleich ist, und theilt diese z. B. in 7 Theile, so wird die Summe der zugehörigen Ordinaten eine Ordinate aus dem 7., dem 14., dem 21. Oberton ergeben.

Mathematisch ausgedrückt, sei die periodische Kurve dargestellt durch die Fouriersche Reihe

$$E = \sum_{m=1}^{\infty} A_m \sin m(\alpha + \alpha_m).$$

Theilt man jetzt eine Periode in n Theile und summirt die zugehörigen Ordinaten $E_1 E_2 \ldots$, so erhält man

$$e_n = \frac{1}{n}\sum_{\lambda=1}^{n} E_\lambda = \frac{1}{n}\sum_{m=1}^{\infty}\sum_{\lambda=1}^{n} A_m \sin m\left(\alpha + \alpha_m + \frac{2\pi\lambda}{n}\right).$$

Die zweite Summe hat aber nach dem oben genannten Satze nur für den Fall, dass m/n eine ganze Zahl ist, einen von Null verschiedenen Werth, d. h.

$$e_n = A_n \sin n(\alpha + \alpha_n) + A_{2n} \sin 2n(\alpha + \alpha_{2n}) + \ldots$$

Berücksichtigt man, dass die in der Technik vorkommenden Kurven gewöhnlich nur die ungeraden Obertöne enthalten, und wählt man die einer Periode gleiche Abszisse so, dass ihr einer Endpunkt mit dem Nullpunkt zusammenfällt, so erhält man, wenn man die Reihe bis zum 15. Oberton berechnen will, für den 7., 9., 11., 13. und 15. Oberton die Gleichung

$$e_n = \frac{1}{n}\sum E_m = A_n \sin n\,\alpha_n.$$

Verschiebt man die getheilte Abszisse um den Betrag $\frac{\pi}{2n}$ und wiederholt das Verfahren, so erhält man eine neue Summe

$$e'_n = \frac{1}{n}\sum E'_m = A_n \cos n\,\alpha_n.$$

Daraus findet man die gesuchten Grössen

$$A_n = \sqrt{e_n^2 + e'^2_n} \quad \text{und} \quad \sin n\,\alpha_n = \frac{e_n}{\sqrt{e_n^2 + e'^2_n}}.$$

(für $n = 7, 9, 11, 13, 15$)

Für Grundton, 3. und 5. Oberton wird die Rechnung etwas komplizirter. Sie sei nur für den 3. Oberton durchgeführt. Es ist

$$e_3 = \frac{1}{3}(E_1 + E_2 + E_3) = A_3 \sin 3\,\alpha_3 + A_9 \sin 9\,\alpha_9 + A_{15} \sin 15\,\alpha_{15};$$

verschiebt man nun die Abszissenstrecke um $\frac{\pi}{2.3}$, so erhält man

$$e'_3 = A_3 \cos 3\,\alpha_3 - A_9 \cos 9\,\alpha_9 + A_{15} \cos 15\,\alpha_{15},$$

folglich

$$\left.\begin{aligned} A_3 \sin 3\,\alpha_3 &= e_3 - e_9 - e_{15} \\ A_3 \cos 3\,\alpha_3 &= e'_3 + e'_9 - e'_{15} \end{aligned}\right\} \text{ wo } e_9,\ e'_9,\ e_{15},\ e'_{15} \text{ schon bekannt sind,}$$

und

$$A_3 = \sqrt{(e_3 - e_9 - e_{15})^2 + (e'_3 + e'_9 - e'_{15})^2}$$

$$\sin 3\,\alpha_3 = \frac{e_3 - e_9 - e_{15}}{\sqrt{(e_3 - e_9 - e_{15})^2 + (e'_3 + e'_9 - e'_{15})^2}}.$$

Die Berechnung des Grundtones und des 5. Obertones wird ähnlich ausgeführt.

E. O.

Neu erschienene Bücher.

D'Avila, *Nivelamentos de precisão em Portugal.* gr. 4°. 85 S. m. Taf. Lissabon 1900.

Dass ich die Bearbeitung der portugiesischen Fein-Nivellementslinien (ausgeführt vom Personal des geodätischen Dienstes, herausgegeben durch dessen derzeitigen Direktor, Generalstabsobersten Grafen d'Avila) hier kurz anzeige, hat seinen Grund in der besondern Einrichtung des benutzten Nivellirinstruments, das von Brito Limpo in Portugal eingeführt wurde.

In der Einleitung der Schrift wird die Initiative zur Ausführung moderner Präzisionsnivellements der Schweiz zuerkannt. Das 1. Kap. enthält (nicht ausführlich genug) die Instruktionen über die Ausführung der portugiesischen Linien, das 2. einen allgemeinen Ueberblick über diese Linien u. s. f.; Kap. 3 bis 5 behandeln die gemessenen Strecken im Einzelnen, das letzte, 6. Kapitel bringt die Fehleruntersuchungen (ebenfalls nicht ausführlich genug). Aus diesem letzten Abschnitt sei zur Charakterisirung der Messungen hervorgehoben, dass der mittlere Kilometerfehler der *S. 80 bis 85* aufgezählten Linien beträgt ± 1,3; ± 1,2; ± 0,9; ± 1,3; ± 1,1 und ± 1,2 *mm*; es scheint also doch, dass die besondre Form des benutzten Nivellirinstruments zur Hebung der Genauigkeit beigetragen hat. Dieses Instrument wird im 2. Abschnitt des 2. Kap. beschrieben, übrigens kaum so eingehend, wie es bereits in deutschen Publikationen geschehen ist; es ist, wie schon oben bemerkt, von dem frühern Ingenieur-Oberst F. A. de Brito Limpo erdacht. Es ist mit auf der untern Alhidadenschiene befestigter Libelle von etwa 5″ ausgestattet und hat *zwei* gleiche, übereinander liegende Fernrohre, deren Ziellinien gleich gerichtet, aber nach entgegengesetzter Seite gewandt sind, sodass Rückblick und Vorblick fast gleichzeitig genommen werden kann. Die zwei Fernrohre sind in einer zwischen beiden liegenden und in den Alhidadenstützen geführten Mittelachse (*eixo intermedio*) so zusammengehängt, dass sie gemeinschaftlich um diese Achse gedreht werden können und man nach Willkür das Rückblick- oder das Vorblick-Fernrohr zum obern oder untern machen kann; Anschläge halten die Fernrohre an den gekröpften Alhidadenträgern in richtiger Lage fest. Unter dem untern Fernrohr sitzt, mit der Alhidade verbunden, die Libelle. Eine Dosenlibelle zur raschen allgemeinen Horizontirung ist nicht vorhanden.

Die ganze Einrichtung hätte vielleicht noch mehr Erfolg, wenn die Libelle (oder die Libellen) anders angebracht wären. Nachgeahmt ist sie ausserhalb Portugals m. W. bisher nicht worden; auch von *Versuchen* mit solchen Instrumenten in andern Ländern ist mir nichts bekannt.

Die Latten sind einfache Holzlatten von Kern in Aarau; nach *S. 11* scheint die Feststellung der Länge des Lattenmeters heutigen Ansichten nicht ganz zu genügen.

Hammer.

B. Weinstein, Einleitg. in die höhere mathematische Physik. gr. 8°. XVI, 399 S. m. 12 Fig. Berlin, F. Dümmler's Verl. 1901. Geb. in Leinw. 7,00 M.

H. Debus, Erinnerungen an Robert Wilhelm Bunsen u. seine wissenschaftl. Leistungen. gr. 8°. VI, 164 S. m. 1 Bildniss. Kassel, Th. G. Fisher & Co. 1901. 2,00 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXI. Jahrgang. **Dezember 1901.** Zwölftes Heft.

Ueber ein einfaches und empfindliches Quadrantenelektrometer.

Von
Dr. **F. Dolezalek** in Berlin-Halensee.

Die schnelle Entwicklung der elektrotechnischen Wissenschaften hat immer grössere Anforderungen an die Messtechnik gestellt, denen man in den meisten Fällen in hohem Grade gerecht geworden ist. Bei einer grösseren Zahl neuerer Untersuchungen, besonders bei solchen elektrochemischer Natur oder solchen über leitende Gase, hat sich jedoch das Bedürfniss nach einem einfachen Messinstrument sehr fühlbar gemacht, welches kleine elektrische Potentialdifferenzen unter Verbrauch einer möglichst geringen Elektrizitätsmenge zu bestimmen erlaubt.

Handelt es sich z. B. darum, das Potential eines Metalles gegen eine äusserst verdünnte Lösung seiner Ionen zu bestimmen oder die Affinität einer mit beschränkter Geschwindigkeit verlaufenden chemischen Reaktion auf elektrischem Wege zu messen, so ist die Verwendung auch des besten Spiegelgalvanometers (ebenso diejenige des Kapillarelektrometers) ausgeschlossen, da die betreffende galvanische Kombination sich durch die geringste Stromentnahme sogleich polarisiren würde.

Der gleiche Fall tritt auch ein, wenn die elektromotorische Kraft einer galvanischen Kombination mit nicht wässrigen Lösungen, z. B. Aether-, Benzollösungen, zu bestimmen ist, desgleichen bei Verwendung von festen Lösungen oder Gasen; das Galvanometer versagt dann in Folge des grossen inneren Widerstandes u. dgl. In allen diesen Fällen gelangt man nur mittels eines leistungsfähigeren Instrumentes zum Ziel.

Die Leistungsfähigkeit der elektromagnetischen Messinstrumente, der Galvanometer, dürfte an der Grenze des Erreichbaren angelangt sein, dagegen erscheinen die elektrostatischen Messinstrumente noch sehr verbesserungsfähig, theilweise schon in Folge ihrer Unabhängigkeit von magnetischen Störungen.

Das Thomson'sche Quadrantenelektrometer besitzt bereits in seiner ursprünglichen Form eine geringere Reizschwelle als das empfindlichste Galvanometer[1]) (Paschen), es lassen sich mit demselben jedoch nur Spannungen bis zu etwa 0,1 Volt herab mit einer Genauigkeit von 1% messen. In den oben genannten Fällen handelt es sich jedoch häufig um Spannungen von einigen Millivolt. Die Schwierigkeit, auf welche man stösst, wenn man versucht, das Messbereich zu erweitern, besteht bekanntlich darin, dass man der Elektrometernadel von aussen eine Ladung zuführen

[1]) Vgl. den interessanten Vortrag von Wiener, „Die Erweiterung unserer Sinne". Leipzig 1900. *S. 19.* Die Reizschwelle des Galvanometers von Paschen beträgt ein billiontel Erg, d. h. zur Erzeugung eines eben noch ablesbaren Ausschlages ist die genannte Energiemenge erforderlich. Die Reizschwelle des Quadrantenelektrometers liegt bei guter Isolation noch weit unter diesem Betrag.

muss. Man ist daher gezwungen, die Nadel an einem dünnen Draht aufzuhängen oder durch Schwefelsäure die Ladung zuzuführen; hierdurch erhält die Nadel aber eine grosse Direktionskraft, bezw. einen grossen Reibungswiderstand, wodurch die Empfindlichkeit sehr beeinträchtigt wird.

Um die Schwierigkeit der Ladungszuführung ganz zu umgehen, brachten daher Hr. Prof. Nernst und ich[1]) vor längerer Zeit den die Nadel ladenden Apparat in Gestalt einer kleinen trockenen Säule zugleich mit zur Aufhängung. Bei Verwendung einer Quarzsuspension erreicht dieses Elektrometer eine sehr grosse Empfindlichkeit von etwa 10^{-5} Volt für 0,1 *mm* Ausschlag bei 3 *m* Skalenabstand; dasselbe ist auch bereits bei einer grösseren Zahl von Untersuchungen mit Erfolg angewandt.

In der mehrjährigen Erfahrung hat sich jedoch der Uebelstand herausgestellt, dass die kleinen trockenen Säulen gerade in Folge ihrer grossen Wirksamkeit sich nach etwa $^3/_4$ Jahren, auch bei der besten Behandlung, von selbst entladen und meist nach 1 Jahr ganz wirkungslos werden und dann neu gefüllt werden müssen. Ausserdem erschwert erfahrungsgemäss die relativ grosse Belastung des Quarzfadens die Handhabung desselben ganz ausserordentlich. Alle diese Uebelstände fallen fort, wenn man die Mitaufhängung der Ladungssäule vermeidet und der Nadel die Ladung durch einen leitend gemachten Quarzfaden zuführt. Zu diesem Zwecke hat bekanntlich Himstedt mit grossem Erfolge das Versilbern des Quarzfadens angewandt. Nun ist aber der Quarzfaden ein Ding, dessen Handhabung Vielen an sich schon grosse Schwierigkeiten verursacht, soll nun ein solcher Faden erst gereinigt, dann versilbert und hierauf an den Enden galvanoplastisch verkupfert und an Metallstückchen angelöthet werden, so sind dies so viele Operationen, dass es den Meisten erst nach vieler vergeblicher Mühe gelingt, sie alle ohne Zerreissen des Fadens auszuführen.

Diesem Umstande ist es wohl zuzuschreiben, dass das Himstedt'sche Elektrometer sich nicht mehr eingebürgert hat, was es ohne Zweifel verdiente. Ich habe daher versucht, den Quarzfaden auf eine für ihn ungefährliche und *möglichst einfache* Weise leitend zu machen.

Dies ist nun in der That möglich, wenn man beachtet, dass schon die geringste Leitungsfähigkeit des Quarzfadens vollkommen ausreichend ist, da man nur der Bedingung genügen muss, dass der Nadel die Ladung erheblich (sagen wir, tausendmal) schneller zugeführt, als sie durch die Luft fortgeführt wird. Berechnet man aus der Entladungsgeschwindigkeit eines gut isolirten Goldblattelektroskopes den Mindestwerth des Isolationswiderstandes der Luft, so erhält man einen Betrag von etwa 10^{20} Ohm. Es genügt also eine Leitungsfähigkeit des Quarzfadens von weniger als 10^{-17}, damit die Nadel bis auf 0,1 % die richtige Ladung annimmt. Eine derartige geringe Leitungsfähigkeit kann man nun in einfachster Weise dem Quarzfaden dadurch ertheilen, dass man ihn nach dem Ankitten an den Torsionskopf in die Lösung eines wasseranziehenden Salzes eintaucht. Die geringe Spur auf dem Faden zurückbleibenden Salzes bewirkt dann, dass die Oberfläche des ersteren niemals ganz trocken wird und daher schwach leitend bleibt. Gleichzeitig werden hierdurch auch die Siegellackkittungen leitend.



Fig. 1.

Die Herrichtung des Quarzfadens geschieht am Besten auf folgende Weise. Man überzieht zwei aus 0,5 *mm* starkem Aluminiumdraht eckig gebogene Häkchen von nebenstehender Gestalt an dem geraden Ende über einer Flamme mit Siegellack, legt dieselben auf einen Spiegel und bringt mit einer Nadel die Quarzfadenenden

[1]) *Diese Zeitschr.* **17.** *S.* 65. *1897; Zeitschr. f. Elektrochem.* **3.** *S. 1. 1896/97; Elektrotechn. Zeitschr.* **18.** *S.* 507. *1897.*

darauf. Durch Annäherung eines warmen Metallstückes (Löthkolbens) wird der Quarzfaden festgeschmolzen. In Folge der Brechung des vom Spiegel reflektirten Lichtes ist der Quarzfaden sehr gut sichtbar.

Nachdem der Faden auf diese Weise an beiden Enden mit Häkchen versehen ist, hängt man ihn mittels einer Pinzette in die Oese des Torsionskopfes ein. Zum Leitendmachen taucht man zunächst den Faden zur Befreiung von Fett einige Minuten lang bis über die Siegellackkittungen in 10-prozentige Kalilauge; gleichzeitig wird hierdurch die Oberfläche des Siegellacks für die Adhäsion der wässerigen Lösung geeignet gemacht. Die anhängende Kalilauge wird nun durch mehrmaliges Eintauchen in reines Wasser entfernt und schliesslich der Quarzfaden mittels 10- bis 20-prozentiger Lösung von Chlorkalzium, Chlormagnesium, Phosphorsäure oder dgl. leitend gemacht. Sehr feine Quarzfäden taucht man am Besten nur mehrmals in Kalilauge ein, da diese in Folge ihrer chemischen Einwirkung am Besten auf der Quarzoberfläche haftet; das durch die Kohlensäure der Luft gebildete Kaliumkarbonat ist ausreichend hygroskopisch. Von dem Gelingen der Operation kann man sich leicht überzeugen, indem man den Quarzfaden an den Torsionskopf des Elektrometers anhängt, letzteren (isolirt) in ein Stativ spannt und das untere Häkchen mit einem Goldblattelektroskop in Berührung bringt. Bei Berührung des Torsionskopfes mit einer geriebenen Siegellackstange muss das Elektroskop sofort ausschlagen.

Ein solcher Quarzfaden besitzt natürlich einen recht beträchtlichen Widerstand und zwar von etwa 10^{10} bis 10^{11} Ohm, doch reicht diese Leitung nach Obigem vollkommen aus, um die Nadel, dank der geringen Kapazität des Elektrometers (etwa 10^{-5} Mikrofarad), fast momentan nach Anlegung der Spannung auf das richtige Potential zu laden und dauernd auf diesem zu erhalten.

Als Elektrometernadel verwendet man natürlich am Besten ein möglichst leichtes System, und zwar ist es am einfachsten, die Nadel aus Silberpapier (Papier mit dünnem Zinnüberzug, nicht Stanniol) in der bekannten Maxwell'schen Form (Fig. 2) auszuschneiden. Eine einzelne Nadel würde jedoch zu wenig stabil sein, man klebt deshalb zwei Nadeln an dem äusseren Rand auf einander und lässt sie in der Mitte ein wenig von einander abstehen, sodass die Nadel im Durchschnitt die in Fig. 2 wiedergegebene Form besitzt (vgl. auch Fig. 3 bei N). Der Abstand der beiden Nadelhälften wird durch eine kleine Spirale aus dünnem Aluminiumdraht gesichert, welche auf die Nadelachse aufgeschoben ist. Das Gewicht der Nadel beträgt mit Ablesespiegel nur etwa 0,2 *g*. Die Doppelnadel besitzt ausserdem den Vortheil einer sehr grossen Luftreibung, sodass man jede weitere Dämpfungsvorrichtung entbehren kann. Das ganze Instrument erhält hierdurch die in Fig. 3 in $^1/_3$ nat. Gr. wiedergegebene, überaus einfache Form und ist in der Handhabung nicht schwieriger, als ein Spiegelgalvanometer.

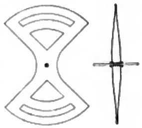


Fig. 2.

Die Quadrantenschachtel besitzt einen lichten Durchmesser von 50 und eine Höhe von 7,5 *mm*. Dieselbe ruht auf einem ausgedrehten und gefirnissten Hartgummiring R und kann mit diesem leicht aufgeklappt werden, sodass man die Nadel bequem einsetzen kann. Die Einstellung der Nadel geschieht durch Drehen des aus Hartgummi gefertigten Torsionskopfes T nach Lösung der Klemmringschraube S_1, die Vertikalverstellung in bekannter Weise mittels Mutter m. Die Zuleitungen zu den Quadranten vermitteln die Klemmschrauben K_1 und K_2, die Zuleitung zur Nadel die Klemme K_3.

Von einer besonderen Arretirungsvorrichtung wurde abgesehen, da die Belastung des Quarzfadens so gering ist, dass man das Instrument ohne Gefahr für den Faden transportiren kann, und eine solche Vorrichtung das Instrument unnöthig vertheuern und seine Handhabung kompliziren würde.

Zum Schutze gegen äussere elektrostatische Störungen und Luftströmungen wird über den Apparat der aus Messing gefertigte Mantel *M* mit Ablesefenster gesetzt.

Zur Ladung der Nadel ist eine Stromquelle von 50 bis 200 Volt zweckmässig; noch wesentlich höhere Spannungen anzuwenden, ist wenigstens bei dünnen Fäden



Fig. 3.

nicht vortheilhaft, da dann in Folge kleiner Unsymmetrieen der Nadel, des Spiegels u. s. w. elektrostatische Richtkräfte auftreten, welche leicht die Torsionskraft des Quarzfadens überwiegen. Als Stromquelle verwendet man am besten eine Akkumulatorenbatterie, doch reicht auch eine kleine trockene Säule völlig aus. Bei geringerer Anforderung an Genauigkeit oder bei Nullmethoden kann man auch jede Lichtleitung benutzen. In letzterem Fall genügen zur Aufhängung häufig auch dünne Glasfäden, welche in gleicher Weise leitend gemacht werden. Um ein klares Bild von dem Arbeiten des Instrumentes zu geben, lasse ich nachstehend eine vollständige Messungsreihe folgen, welche mit einem Quarzfaden mittlerer Stärke ausgeführt ist. Der eine Pol der Lichtleitung war an K_3, der andere an das Metallgehäuse des Instrumentes gelegt.

Quarzfaden 0,009 *mm* dick, 60 *mm* lang, Nadelladung 110 Volt (Lichtleitung), Skalenabstand 2 *m*, Schwingungsdauer 18 Sek., Dämpfungsverhältniss 7.

Angelegte Spannung Volt	Einstellungen		Ausschlag in *mm*		Ausschlag berechnet	Differenz *mm*
		kommutirt	abgelesen	auf Bogen korr.		
1	2	3	4	5	6	7
0,001	231,4 231,1	228,8	2,4	2,4	2,6	— 0,2
0,002	227,2 227,0	232,3	5,2	5.2	5,2	0,0
0,004	234,5 234,7	224,1	10,5	10,5	10,4	+ 0,1
0,01	216,1 216,3	242,3	26,1	26,1	25,9	+ 0,2
0,02	254,2 254,5	202,5	51,8	51,8	(51,8)	—
0,04	279,9 279,9	176,0	103,9	103,6	103,6	0,0
0,07	135,2 135,2	316,8	181,6	179,7	181,3	— 1,6
0,10	93,0 92,8	352,8	259,9	254,4	259,0	— 4,6

Spalte 1 enthält die an die Quadranten angeschlossene Potentialdifferenz, Sp. 2 u. 3 die Einstellungen zu beiden Seiten der Nulllage. In der 4. Spalte sind die abgelesenen Ausschläge und in der 5. die auf den Bogen reduzirten Werthe derselben (vgl. Kohlrausch, Lehrbuch der prakt. Physik. 9. Aufl. *S. 99*) wiedergegeben. Unter „Ausschlag berechnet" in der 6. Spalte sind die unter Annahme vollkommener Proportionalität aus dem Werth für 0,02 Volt berechneten Ausschläge verstanden, die letzte Spalte giebt die Abweichungen von vollkommener Proportionalität wieder. Wie aus dieser Spalte zu ersehen, kann man für Ausschläge bis 200 *mm* vollkommene Proportionalität annehmen.

Bei Verwendung eines dünneren Quarzfadens von 0,004 *mm* Stärke lässt sich die Empfindlichkeit bis auf 17 *mm* Ausschlag pro Millivolt steigern, doch beträgt dann die Schwingungsdauer bereits etwa 60 Sek. Ein stärkerer Quarzfaden von 0,02 *mm* Durchmesser ergab unter den gleichen Bedingungen für 0,01 Volt 1,4 *mm* Ausschlag und 3,5 Sek. Schwingungsdauer. Bei stärkeren Fäden (über 0,008 *mm*) nimmt die Empfindlichkeit proportional der 4. Potenz des Fadendurchmessers ab, wie es die Elastizitätstheorie verlangt, bei dünneren Fäden jedoch nur ungefähr proportional der 3. Potenz, vermuthlich in Folge der merklich werdenden elektrostatischen Richtkräfte, welche durch geringe Unsymmetrieen (Einfluss des Ablesefensters u. s. w.) erzeugt werden.

Die Verwendung von Fäden von noch geringerem Durchmesser als 0,004 *mm*, welche sich ohne Schwierigkeit herstellen lassen und ausreichende Tragfähigkeit besitzen, ist leider nicht mehr möglich, da sich dann die Nadel in Folge zu starker Luftreibung kriechend der Ruhelage nähert. Die Benutzung liesse sich nur bei Anwendung eines Vakuums, einer Leuchtgasatmosphäre u. dgl. erzielen. Man würde dann wohl eine Empfindlichkeit von 10^{-7} Volt gut erreichen, doch liegt zur Zeit für eine so hohe Empfindlichkeit noch kein ausreichendes Bedürfniss vor, um eine derartige Komplikation des Apparates zu rechtfertigen.

Zum Schluss sei noch erwähnt, dass nicht nur bei Spannungsmessungen, sondern in vielen Fällen auch bei Strommessungen das beschriebene Elektrometer dem Spiegelgalvanometer weit überlegen ist. Sehr häufig ist nämlich die geringe Grösse eines zu messenden Stromes nicht durch eine kleine elektromotorische Kraft, sondern durch einen grossen Widerstand im Stromkreise verursacht. In diesen Fällen kann man ohne Weiteres noch einen zweiten ähnlich grossen Widerstand einschalten und dessen Klemmenspannung elektrometrisch messen. Bei einem Widerstand des Kreises von 10^{12} Ohm fällt bei einer wirkenden elektromotorischen Kraft von 1 Volt die Stromstärke auf 10^{-12} Amp. und das Galvanometer versagt, mit dem obigen Elektrometer kann man jedoch noch bis zu 10^{-17} Amp. messen. Auch bei dem Vergleich von sehr grossen Widerständen in der Wheatstone'schen Brücke ist das Elektrometer als Nullinstrument dem Galvanometer erheblich überlegen, da es Widerstände bis zur Grösse des Isolationswiderstandes des Instrumentes (etwa 10^{15} Ohm) heran mit der gleichen prozentischen Genauigkeit wie kleine Widerstände zu messen erlaubt. Zu Wechselstrommessungen in Nadelschaltung ist das Elektrometer mit elektrolytisch leitendem Quarzfaden nur bei sehr geringer Wechselzahl zu verwenden, da die Kapazität des Instrumentes (etwa 10^{-5} Mikrofarad) im Vergleich zu der geringen Leitfähigkeit des Fadens zu gross ist.

Die Messung der effektiven Spannung von Wechselströmen höherer Frequenz ist nur bei Benutzung eines versilberten Quarzfadens möglich und dann bis zu 0,01 Volt herab.

Das beschriebene Instrument wird in den Werkstätten für Präzisionsmechanik und Optik des Hrn. Bartels in Göttingen in vorzüglicher Ausführung zum Preise von 80 M. hergestellt.

Berlin-Halensee, im November 1901.

Ueber die Korrektion für die Skalenausdehnung bei Einschlussthermometern[1]).

Von

Prof. Dr. **H. F. Wiebe** in Charlottenburg.

Bei der Theorie des Quecksilberthermometers nimmt man gewöhnlich an, dass Gefäss, Skale und Kapillare aus demselben Material bestehen, also auch den gleichen Ausdehnungskoeffizienten besitzen. Diese Annahme trifft streng genommen nur für Stabthermometer zu, bei denen alle Bestandtheile des Thermometers in einem Körper vereinigt sind. Ist aber die Skale getrennt vom Kapillarrohr, wie bei Einschlussthermometern oder bei Thermometern mit freiliegender Skale, so muss es fraglich erscheinen, ob die Angaben solcher Thermometer mit denen der Stabthermometer noch übereinstimmen.

Schon Dorn hat in seiner Abhandlung über die Messung von Erdtemperaturen (*Schriften d. kgl. Physikal.-ökonom. Gesellsch. z. Königsberg 1872. S. 37*) darauf hingewiesen, dass bei den Einschlussthermometern eine Korrektion wegen der verschiedenen Ausdehnung der Skale anzubringen sei. In allgemeinerer Form hat dann Thiesen in den *Metron. Beitr. Nr. 3. S. 4 bis 6. 1881* diesen Fall behandelt und dabei berechnet, dass z. B. ein Thermometer mit Messingskale bei 50° um 0,027° höher als ein solches mit Milchglasskale stehen müsste.

---

[1]) Aus dem Professor Bosscha gewidmeten Jubelband.

Einschlussthermometer und Stabthermometer aus derselben Glassorte werden nur dann übereinstimmende Angaben haben, wenn die Ausdehnung des Milchglases nicht allzu sehr von der des Thermometerglases abweicht. Dies trifft für die meisten älteren thüringischen Glassorten zu, sodass die frühere Annahme von der Uebereinstimmung der Angaben beider Thermometer-Typen mit einander berechtigt war. Erst mit dem Aufkommen der Jenaer Thermometergläser, von denen das eine (59^{III}) eine besonders kleine Ausdehnung besitzt, ist hierin eine Aenderung eingetreten, wie dies zuerst Gumlich und Scheel[1]) nachgewiesen haben. Die Genannten verglichen je zwei Stab- und Einschlussthermometer aus den Jenaer Glassorten 16^{III} und 59^{III} mit einander und fanden für die Thermometer aus Glas 16^{III} Uebereinstimmung innerhalb der Beobachtungsfehler, während bei den Thermometern aus Glas 59^{III} systematische Abweichungen hervortraten, die sich aus den Ausdehnungsunterschieden von Skale und Kapillare hinreichend erklären liessen. Für die Ausdehnungskoeffizienten von Glas 59^{III} wurden dabei die in den *Wissensch. Abhandl. d. Phys.-Techn. Reichsanstalt* **2.** *S. 129. 1895* gegebenen Werthe zu Grunde gelegt, während für die Ausdehnung des Skalenglases mangels direkter Bestimmungen eine vorläufige Annahme genügen musste.



Da aber die Einschlussthermometer weit verbreitet sind, so lag für mich der Wunsch nahe, diese Annahme durch eine besondere Untersuchung über die Ausdehnung des Skalenglases zu prüfen und dadurch zugleich die genaue Beziehung der beiden verschiedenen Thermometertypen zu einander festzustellen.

Ich liess zu diesem Zwecke von dem Thermometerfabrikanten C. Richter in Berlin einige Instrumente von thermometerartigem Aussehen anfertigen, wie nebenstehend eines abgebildet ist (s. die Figur).

Der Skalenstreifen ist bei diesen Instrumenten an seinem unteren Ende durch eine Glasstütze mit dem Umhüllungsrohr verschmolzen, sodass er sich frei nach oben ausdehnen kann, er trägt am oberen Ende eine 4 *mm* lange Skale, die in 20 Intervalle getheilt ist. Vor dem Skalenstreifen befindet sich ein Kapillarrohr, das am oberen Ende mit dem Umhüllungsrohr verschmolzen ist und auf der Rückseite vor der Theilung der Skale in deren Mitte einen horizontalen Strich hat. Das Kapillarrohr ist der bessern Führung wegen bis nach unten durchgeführt und wird, wie auch in der Abbildung ersichtlich, durch zwei Schlingen aus Platindraht an der Skale festgehalten, ganz so wie bei einem vollständigen Einschlussthermometer nach Fuess'scher Konstruktion.

Da sich bei Erwärmung das Umhüllungsrohr (von der Schmelzstelle mit der Skale an gerechnet) nach oben ausdehnt, wie die Skale auch, so kann an der bei Erwärmung eintretenden Verschiebung des rückseitig angebrachten Striches auf der Theilung der Ausdehnungsunterschied zwischen dem Umhüllungsrohr und dem Skalenstreifen beobachtet werden. Das am oberen Ende mit dem Umhüllungsrohr verschmolzene Kapillarrohr dehnt sich zwar nach unten hin aus, aber wenn es aus derselben Glassorte wie das Umhüllungsrohr verfertigt ist, nur um ebenso viel, als dieses sich nach oben ausdehnt; die Ausdehnungen nach den verschiedenen Richtungen heben sich also auf.

Die Entfernung von der untern Schmelzstelle der Skale bis zum Strich auf dem Kapillarrohr beträgt bei allen Instrumenten etwa 600 *mm*, sodass demnach die Gesammt-

---

[1]) Vergleichung zwischen Stab- und Einschlussthermometern aus gleichen Glassorten. *Diese Zeitschr.* **17.** *S. 353. 1897.*

ausdehnung der Röhren für 100° Temperaturdifferenz im Höchstfall rund 0,5 *mm* betrug.

Ich liess nun im Ganzen 5 solcher Röhren anfertigen, von denen eine aus dem Jenaer Normal-Thermometerglas 16^{III}, die übrigen aus dem (härteren) Borosilikatglas 59^{III} hergestellt sind. Für die Skalenstreifen benutzte ich vier aus verschiedenen Geschäften bezogene Glassorten. Eins dieser Skalengläser eignet sich besonders gut zum Zusammenschmelzen mit den Thermometergläsern, es wurde daher ausser für eine Röhre aus Glas 59^{III} auch für die Röhre aus Glas 16^{III} verwendet.

Die Versuche wurden in der Weise ausgeführt, dass die Lage der Strichmarken zunächst bei Zimmertemperatur oder nach Einbettung der Instrumente in Eis, dann bei Einhängung in den Dampf siedenden Wassers und schliesslich nochmals in Eis beobachtet wurde. Die dabei erhaltenen Ergebnisse sind in der Tafel I zusammengestellt.

Tafel I.

Tag	Temperatur der Röhren	Röhre aus Glas				
		16^{III}	59^{III}	59^{III}	59^{III}	59^{III}
		Skalenglas von				
		Grosse	Grosse	Küchler	Steinmann	Spinn & Mencke
	° C.	Lage der Marken in *mm*				
11. 8. 99	0	+ 0,006	+ 0,091			
	100,05	— 0,030	— 0,110			
	0	0,000	+ 0,074			
29. 8. 99	0	+ 0,001	+ 0,080			
	99,83	— 0,028	— 0,110			
	0	0,000	+ 0,074			
9. 1. 00	20,3	0,000	+ 0,030	+ 0,039	+ 0,087	+ 0,093
	0	+ 0,007	+ 0,077	+ 0,077	+ 0,123	+ 0,133
10. 1. 00	0	+ 0,007	+ 0,087	+ 0,070	+ 0,128	+ 0,143
	99,88	— 0,030	— 0,110	— 0,121	— 0,063	— 0,037
	0	+ 0,002	+ 0,073	+ 0,067	+ 0,122	+ 0,135
12. 1. 00	0	+ 0,006	+ 0,084	+ 0,074	+ 0,123	+ 0,130
	100,26	— 0,032	— 0,110	— 0,119	— 0,065	— 0,046
	0	0,000	+ 0,080	+ 0,071	+ 0,119	+ 0,128
15. 2. 00	17.5	0,000	+ 0,044	+ 0,043	+ 0,090	+ 0,097
	0	+ 0,002	+ 0,086	+ 0,079	+ 0,120	+ 0,132
	100,08	— 0,027	— 0,115	— 0,130	— 0,045	— 0,038
	0	0,000	+ 0,082	+ 0,064	+ 0,125	+ 0,131
	100,08	— 0,027	— 0,115	— 0,128	— 0,046	— 0,035
	0	0,000	+ 0,079	+ 0,063	+ 0,127	+ 0,130
3. 3. 00	17	0,000	+ 0,055	+ 0,035	+ 0,093	+ 0,098
	0	+ 0,005	+ 0,078	+ 0,070	+ 0,123	+ 0,130
	99,82	— 0,040	— 0,115	— 0,125	— 0,065	— 0,049
	0	0,000	+ 0,078	+ 0,070	+ 0,122	+ 0,125
	99,82	— 0,031	— 0,115	— 0,131	— 0,067	— 0,044
	0	0,000	+ 0,080	+ 0,065	+ 0,127	+ 0,125
5. 3. 00	14	0,000	+ 0,054	+ 0,040	+ 0,094	+ 0,100
	0	0,000	+ 0,079	+ 0,077	+ 0,124	+ 0,129
	99,89	— 0,033	— 0,113	— 0,114	— 0,052	— 0,053
	0	0,000	+ 0,080	+ 0,073	+ 0,120	+ 0,126
	99,89	— 0,032	— 0,111	— 0,116	— 0,054	— 0,050
	0	0,000	+ 0,080	+ 0,076	+ 0,120	+ 0,126

Die Herkunft der Skalengläser ergiebt sich aus nachfolgender Uebersicht:

Bezeichnung	Herkunft
I	Glasfabrik Grosse, Wiesau i. S.
II	Glasinstrumentenfabrik Alexander Küchler & Söhne, Ilmenau.
III	Glasschleiferei Steinmann, Ilmenau.
IV	Glashandlung Spinn & Mencke, Berlin.

Aus der Tafel I leiten sich nun für die Ausdehnungsunterschiede folgende Werthe ab:

Tafel II.

Tag	Temperatur-unterschied	Röhre aus Glas				
		16^{III}	59^{III}	59^{III}	59^{III}	59^{III}
		Skalenglas von				
	in °C.	Grosse	Grosse	Küchler	Steinmann	Spinn & Mencke
		1. Ausdehnungsunterschiede für das Temperaturintervall 0° bis 17,2° in *mm*				
9. 1. 00	20,3	0,007	0,047	0,038	0,036	0,040
15. 2. 00	17,5	0,002	0,042	0,036	0,030	0,035
3. 3. 00	17	0,005	0,023	0,035	0,030	0,032
5. 3. 00	14	0,000	0,025	0,037	0,030	0,029
Mittel	17,2	0,004	0,034	0,036	0,031	0,034
		2. Ausdehnungsunterschiede für das Temperaturintervall 0° bis 100° in *mm*				
11. 8. 99	100,05	0,030	0,184			
29. 8. 99	99,83	0,028	0,184			
10. 1. 00	99,88	0,032	0,183	0,188	0,185	0,172
12. 1. 00	100,26	0,032	0,190	0,190	0,184	0,174
15. 1. 00	100,08	0,027	0,195	0,192	0,172	0,167
3. 3. 00	99,82	0,035	0,194	0,195	0,190	0,171
5. 3. 00	99,89	0,033	0,192	0,190	0,173	0,178
Mittel	100,0	0,031	0,189	0,191	0,181	0,172
m. F. einer Beob.		± 0,0011	0,0019	0,0012	0,0035	0,0018

Die Ablesungen geschahen mit der Lupe, was der Bequemlichkeit wegen für einen geübten Beobachter gegen die Ablesung mit dem Fernrohr oder Ablesemikroskop vorzuziehen ist. Die Uebereinstimmung der einzelnen Werthe für die gleiche Röhre ist zufriedenstellend. Der mittlere Fehler einer Beobachtung für das Intervall 0° bis 100° liegt zwischen 0,0011 und 0,0035 *mm* und beträgt im Mittel 0,0021 *mm*, was nur 1,2 % der ganzen Beobachtungsgrösse ausmacht. Auch betragen die Ausdehnungsunterschiede für das Temperaturintervall 0° bis 17,2° gegenüber denen für das Intervall 0° bis 100° ein Sechstel, genau wie es dem Verhältniss der Temperaturunterschiede entspricht, sodass die Genauigkeit der Beobachtungen jedenfalls nichts zu wünschen übrig lässt.

Im Mittel haben sich nun für die vier verschiedenen Skalengläser bei einer Erwärmung von 0° auf 100° folgende Unterschiede der Ausdehnung mit derjenigen der Thermometergläser ergeben:

Skalenglas	Röhre aus Glas 16^{III}	Röhre aus Glas 59^{III}
I	0,031 *mm*	0,189 *mm*
II	—	0,191 „
III	—	0,181 „
IV	—	0,172 „
Mittel	0,031 *mm*	0,183 *mm*

Man ersicht hieraus, dass selbst Skalengläser von ganz verschiedener Herkunft keine sehr grossen Unterschiede in der mittleren Ausdehnung zeigen; die Abweichungen vom Mittel gehen nur bis 6%.

Da nun nach den Untersuchungen von Thiesen und Scheel die Ausdehnung der Gläser 16^{III} und 59^{III} genau bekannt ist, so kann auch aus obigen Werthen die Ausdehnung der Skalengläser nach folgender Formel berechnet werden, worin α die lineare Ausdehnung des Thermometerglases, β diejenige des Skalenglases, n die Länge des sich ausdehnenden Glasrohres und Skalenstreifens, k der beobachtete Ausdehnungsunterschied bedeuten.

Es ist unter der Annahme $\beta > \alpha$

$$n(1 + \beta t) - n(1 + \alpha t) = k;$$

daraus folgt

$$\beta = \alpha + \frac{k}{n\,t}\,.$$

Führt man dann die Zahlenwerthe ein, wobei zu setzen ist

$$\text{für Glas } 16^{III}: \quad \alpha_{IIa} = 10^{-6}\left[772{,}3\frac{t}{100} + 35{,}0\left(\frac{t}{100}\right)^2\right]$$

$$\text{„ „ } 59^{III}: \quad \alpha_{IIa} = 10^{-6}\left[568{,}0\frac{t}{100} + 24{,}5\left(\frac{t}{100}\right)^2\right]$$

für Skalenglas	I	II	III	IV
$n =$	603	606,5	607,5	608 *mm*

so ergeben sich für die mittleren linearen Ausdehnungskoeffizienten der vier Skalengläser zwischen 0° und 100° folgende Werthe:

Skalenglas	β
I	0,000 00906
II	907
III	890
IV	875
Mittel	0,000 00895

Es ist dies fast genau derselbe Werth, den Gumlich und Scheel in ihrer oben angegebenen Abhandlung (nämlich 0,000 009) ihren Berechnungen zu Grunde gelegt haben.

Auf Grund der von Thiesen in den *Metron. Beitr. Nr. 3* gegebenen Entwicklungen berechnet sich die Differenz zwischen den Angaben des Einschluss- (t') und des Stabthermometers (t) nach der Formel

$$t' - t = T(100 - T)\,[(S - K) + (s - k)\,T],$$

in welcher T die Temperatur, S und K die mittlere lineare Ausdehnung von Skale und Kapillare zwischen 0° und 100°, sowie s und k die Aenderungen dieser Ausdehnungskoeffizienten S und K mit der Temperatur bedeuten.

Setzt man dann die Werthe für die Ausdehnung der Gläser 16^{III} und 59^{III} und für das Skalenglas den mittleren Werth ein, so ergeben sich nachstehende Unterschiede zwischen den Angaben der Einschluss- und Stabthermometer aus den beiden Jenaer Glassorten:

Grad	$t'-t$	
	16^{III}	59^{III}
10	+ 0,001°	+ 0,003°
20	+ 0,002	+ 0,005
30	+ 0,002	+ 0,007
40	+ 0,003	+ 0,008
50	+ 0,003	+ 0,008
60	+ 0,003	+ 0,008
70	+ 0,003	+ 0,007
80	+ 0,002	+ 0,006
90	+ 0,001	+ 0,003

Um diese Beträge stehen die Einschlussthermometer *höher* als die Stabthermometer aus gleicher Glassorte. Es erfordern also die vollständig wegen Kaliber, Theilung, Gradwerth, Eispunkt, Wasserstoffthermometer reduzirten Angaben der Einschlussthermometer noch die Anbringung obiger Korrektionen, um mit den Stabthermometern übereinzustimmen.

Für höhere Temperaturen werden die Abweichungen natürlich bedeutend grösser und würden beispielsweise für Thermometer aus Glas 59^{III} bei 400° — 0,34° und bei 500° — 0,58° betragen.

Es muss übrigens noch bemerkt werden, dass die hier beschriebenen Versuche nur die mittlere Ausdehnung für das Skalenglas ergeben haben und daher für die Aenderung seiner Ausdehnung zur Berechnung der Abweichungen eine Annahme nöthig war. Für das zweite Glied der Ausdehnung wurde ebenso wie von Gumlich und Scheel $80 \cdot 10^{-10}$ angenommen. Eine kleine Rechnung zeigt, dass der Einfluss dieses zweiten Gliedes auf die Abweichungen sehr gering ist, vernachlässigt man ihn ganz, so ändern sich die in der kleinen Tafel gegebenen Werthe nur um 0,0005° bis 0,001°; es kommt also für die vorliegende Untersuchung gar nicht darauf an, dass wir die Grösse des zweiten Gliedes genau kennen.

Im Anschluss hieran sei mir gestattet, noch einige Worte über die Vorzüge und Nachtheile der beiden Thermometertypen hinzuzufügen.

Es ist wohl zweifellos und wird durch die vorstehend beschriebene Untersuchung noch erhärtet, dass für rein thermometrische Untersuchungen (Fundamentaluntersuchungen) das Stabthermometer den Vorzug verdient, da es bei der Berechnung der Temperaturen eine einfachere Theorie zulässt. Derartige Untersuchungen werden aber höchst selten und dann nur von Instituten, die daran im weitestgehenden Maasse interessirt sind, wie z. B. die Physikalisch-Technische Reichsanstalt oder das *Bureau international des Poids et Mesures* in Sèvres, ausgeführt. Im Allgemeinen wird das Thermometer als Hülfsinstrument bei physikalischen, chemischen, physiologischen, technischen oder dgl. Beobachtungen verwendet und in solchen Fällen eignet sich ebenso zweifellos das Einschlussthermometer seiner leichteren und deutlicheren Ablesefähigkeit wegen viel besser als das Stabthermometer, das zur Ablesung erst weiterer Hülfsinstrumente bedarf. Zur Vermeidung der Parallaxe muss nämlich das

Stabthermometer bei der Ablesung durch das Fernrohr von vorn und hinten abgelesen werden oder um seine vertikale Achse gedreht werden, beides ist umständlich und nur unter besonderen Verhältnissen ausführbar. Auch lässt sich dies nur bei Thermometern ohne eingeschmolzenen Emailstreifen thun. Das Einschmelzen von Emailstreifen geschieht, um ein bequemes Spiegelbild des Strichs zu erhalten, ist aber für verschiedene Gläser mit Schwierigkeiten verbunden; am besten lässt sich dies bei bleihaltigen Gläsern bewerkstelligen, wie sie vielfach in Frankreich und England verwendet werden, die aber in thermischer Beziehung, namentlich bezüglich der Nachwirkung und Depression, nachtheilige Eigenschaften haben. Die thermisch guten Jenaer Gläser lassen sich bis jetzt nicht gut mit Emailstreifen versehen, da sie dann Neigung zum Einspringen zeigen. Es ist überhaupt ein Nachtheil der Stabthermometer, dass sie grosse Neigung zum Einschränken und zu Hautrissen zeigen, die dann beim Gebrauch weiterreissen und das Thermometer zerstören.

Ferner ist die Anbringung einer guten Theilung bei Stabthermometern wegen der meist nicht völlig zylindrischen Beschaffenheit der Röhre recht schwierig, ebene gerade Flächen wie die Milchglasskalen lassen sich leichter und genauer mit Theilung versehen. Auch hält die Farbe in den Strichen und Zahlen bei Stabthermometern nicht fest, falls sie nicht eingebrannt ist, nnd bei Neueinreibung der Striche entsteht jedesmal eine veränderte Theilung.

Alle diese Nachtheile fallen bei den Einschlussthermometern fort, freilich muss auf ihre Herstellung die grösste Sorgfalt verwendet werden. Insbesondere ist die Skalenbefestigung so auszuführen, dass eine Verschiebung ausgeschlossen ist. Zu diesem Zwecke wird die Skale nach Art der Fuess'schen Skalenbefestigung zwischen zwei Glasbecher gesetzt, deren oberer eine zwischengelagerte Feder trägt. Hierbei ist besonders darauf zu achten, dass der Einschnitt der Glasbecher so gemacht ist, dass die Skale im tiefsten Punkt aufruht und nicht nach den Seiten ausweichen kann. Die Feder ist aus bestem Stahl herzustellen und gut zu härten, es ist beim Zuschmelzen des Thermometers eine Erhitzung der Feder zu vermeiden, damit sie nicht die Härte verliert. Auch muss man bei Einschlussthermometern von Zeit zu Zeit kontrolliren, ob die Feder noch intakt ist, um eine etwa eintretende Verschiebung der Skale rechtzeitig zu bemerken. Zur Sicherung der Skalenlage und zur Kontrole der Ausdehnung der Skale ist auf der Rückseite des Kapillarrohrs eine Strichmarke anzubringen, wie dies bereits seit Jahren bei den Fuess'schen Thermometern geschieht.

Charlottenburg, im September 1901.

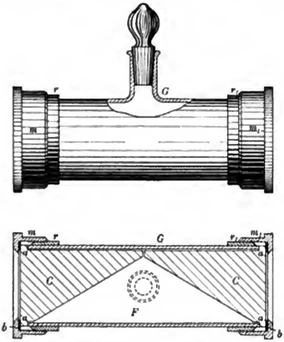
Neue Form des Wernicke'schen Flüssigkeitsprismas.

Von
C. Leiss in Steglitz.

(Mittheilung aus der R. Fuess'schen Werkstätte.)

Wohl Jeder, der sich mit der Herstellnng oder mit dem Gebrauch des für Demonstrationszwecke ja viel benutzten Wernicke'schen Flüssigkeitsprismas (s. *diese Zeitschr. 1. S. 353. 1881*) befasst hat, wird auch die demselben anhaftenden Mängel empfnnden haben. Zunächst bietet die Zusammenfügung des aus 6 Theilen (2 Prismen und 4 Seitenplatten) bestehenden Prismas dem Verfertiger insofern schon Schwierigkeiten, als die für diese Prismen zu verwendende Flüssigkeit, der Zimmtäthyläther, fast jede Kittsubstanz löst und selbst die allein in Frage kommenden Kitt-

mittel auch dann versagen, wenn die Kittung nicht äusserst sorgfältig ausgeführt oder wenn der Kitt nicht vollkommen erhärtet ist. Ein anderer, aber noch grösserer und unangenehmerer Uebelstand, der sich recht häufig schon nach kurzem Gebrauch der Prismen herausstellt, ist der, dass die Innenflächen der beiden Prismen anfangen sich zu trüben, indem der Zimmtäthyläther einen matten Niederschlag an den Flächen hinterlässt, der zum Theil wohl in der Auflösung geringer Kittmengen, welche an den Innenfugen vorhanden sind, seine Ursache haben mag. Um nun ein derart trüb und damit unbrauchbar gewordenes Prisma wieder gebrauchsfähig zu machen, bleibt kein anderes Mittel, als das Auseinanderkitten des ganzen Prismas behufs Reinigung bezw. Nachpoliren der Innenflächen. Diese Operationen können natürlich nur vom Verfertiger selbst ausgeführt werden und erfordern immer beträchtliche Zeit und Kosten.



Um nun diesen Mängeln zu begegnen, habe ich die in nebenstehender Figur im Hauptschnitt und der Seitenansicht abgebildete neue Form ausführen lassen, die sich im Gebrauch bereits seit einem halben Jahre vorzüglich bewährt hat.

G ist eine Glasröhre von rundem Querschnitt, deren Enden plan und genau senkrecht zur Längsachse abgeschliffen sind. Die beiden Prismen *CC* haben entsprechenden runden Querschnitt, sodass sie sich leicht passend in die Röhre *G* einstecken lassen, und besitzen bei *a a* ebenfalls einen plan geschliffenen Ansatz, mit dem sie sich gegen den zugehörigen Rand der nicht zu dünnen Röhre anlegen. Um den Prismen einen sicheren Halt zu geben, ist es nur noch nöthig, dieselben gegen die Ränder der Röhre zu pressen. Dies geschieht mittels der beiden Muttern m und m_1, welche sich auf die mit der Röhre verkitteten Gewinderinge r und r_1 aufschrauben. Damit der Druck gegen die Aussenfläche der Prismen beim Anziehen der Muttern kein zu starker ist, sind in jede der beiden Muttern einige Papierringe *b* eingelegt. Bei sorgfältiger Ausführung der Anlageflächen der Prismen und der Röhre hält das Prisma, das nun behufs Reinigung u. s. w. von Jedermann innerhalb einiger Minuten auseinandergenommen und wieder zusammengesetzt werden kann, vorzüglich dicht.

Referate.

Experimentelle Bestimmung der Oberflächenspannung flüssiger Luft.

Von L. Grunmach. *Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1901. S. 914.*

Die vorliegende Arbeit bildet die Fortsetzung mehrerer früheren, über welche in *dieser Zeitschr.* **20.** *S. 337. 1900* berichtet wurde. Die Bestimmung der Oberflächenspannung erfolgte wie früher dadurch, dass man durch Stimmgabelspitzen, die bei Anwendung der Methode auf flüssige Luft nur eben in dieselbe eintauchen durften, Kapillarwellen auf der

flüssigen Luft erzeugte, die entweder direkt oder aus einer Photographie der Erscheinung ausgemessen wurden. Die Oberflächenspannung berechnet sich dann aus der Gleichung $\alpha = \frac{n^2 \lambda^3 \sigma}{2\pi}$, wo λ die Wellenlänge, σ die Dichte und n die Schwingungszahl bedeutet. $\frac{n^2 \lambda^3}{\pi}$ wird als spezifische Kohäsion bezeichnet.

Um über die Zusammensetzung des kondensirten Gases stets im Klaren zu sein, wurde, da die flüssige Luft beim offenen Stehen sich wegen des leichteren und schnelleren Verdampfens des Stickstoffs verändert und immer sauerstoffreicher wird, der jedesmalige Sauerstoffgehalt der der Untersuchung unterworfenen Probe auf gasanalytischem Wege nach einer von W. Hempel ausgebildeten Absorptionsmethode ermittelt.

Die Dichte der flüssigen Luft, welche in die Berechnung der Oberflächenspannung aus den Versuchen eingeht, wurde an drei Proben mittels der Mohr'schen Waage bestimmt, wobei sich folgende Werthe ergaben:

1. 0,984 für frisch hergestellte flüssige Luft vom Sauerstoffgehalte 49,9%,
2. 1,015 für flüssige Luft, die einige Stunden offen gestanden, vom Sauerstoffgehalt 60,2%,
3. 1,042 für flüssige Luft, durch die eine Stunde lang Druckluft hindurchgesandt worden war, vom Sauerstoffgehalt 67,6%.

Diese Dichten stimmen verhältnissmässig gut mit Resultaten von Ladenburg und Krügel überein, deren Zahlen Verf. zur Berechnung seiner Beobachtungen an sehr sauerstoffreicher flüssiger Luft benutzte.

Die Versuche zur Bestimmung der Oberflächenspannung wurden an acht Proben flüssiger Luft von verschiedenem Sauerstoffgehalt angestellt. Nach dem Sauerstoffgehalt geordnet, ergaben sich folgende Resultate.

Sauerstoffgehalt	Spezifische Kohäsion $a^2 = \frac{n^2 \lambda^3}{\pi}$	Oberflächenspannung $\alpha = \frac{a^2}{2} \sigma$
49,9 %	23,60	11,61 Dyne/cm
63,9 „	23,12	11,89 „
65,3 „	23,30	12,05 „
66,8 „	22,92	11,90 „
67,6 „	22,86	11,91 „
74,4 „	22,94	12,23 „
$76,4_5$ „	23,30	12,51 „
76,7 „	23,50	12,63 „

Verf. schliesst hieraus, dass die spezifische Kohäsion der flüssigen Luft innerhalb der beobachteten Grenzen unabhängig von deren Sauerstoffgehalt zu sein und im Mittel den Werth 23,2 zu besitzen scheine. Naturgemäss muss dann die Oberflächenspannung der flüssigen Luft mit wachsendem Sauerstoffgehalt zunehmen. *Schl.*

Messungen und Berechnungen über die Korrektionen des Quecksilbermeniskus in Normal-Gasmanometern.

Von J. C. Schalkwijk. *Communic. Phys. Labor. Univers. Leiden Nr. 67. 1901.*

Die Messungen sind als Hülfsbestimmungen bei der Kalibrirung von Piezometerröhren ausgeführt, bieten aber durch die gewonnenen Resultate ein allgemeineres Interesse. Experimentell wurde für eine Anzahl verschieden weiter Röhren das Volumen des Meniskus bezw. die „mittlere Höhe" des Meniskus ermittelt, als welche Verf. das Verhältniss des Volumens zum Querschnitt des Rohres bezeichnet. Die Bestimmung erfolgte in der Weise, dass man die zu untersuchende Röhre einseitig zuschmolz und am anderen Ende eine Kapillare anblies. Auf der Röhre befanden sich je eine Marke oben und unten in gleichem Abstand von der Mitte, ebenso war die Kapillare mit zwei Marken versehen. Es wurde nun das Ganze mit Quecksilber gefüllt und dann von Marke zu Marke fortschreitend so viel Quecksilber aus-

getrieben und gewogen, dass die Lage des Meniskus gegen eine Marke genau fixirt werden konnte. Indem man diese Operation einmal bei aufrechter Stellung des Instrumentes (Kapillare oben), dann in umgekehrter Lage (Kapillare unten) ausführte, erhielt man sowohl die Volumina der einzelnen Intervalle des Instrumentes als auch die Volumina der Menisken.

Verf. diskutirt die gewonnenen experimentellen Daten eingehend auf Grund der für die Oberflächenspannung geltenden Formeln; auf die Wiedergabe seiner Betrachtungen kann hier verzichtet werden. Die gesammten Beobachtungsresultate sind, für eine Reihe von Radien interpolirt, als Beziehung zwischen der „mittleren Höhe“ f des Meniskus und dem Verhältniss δ der Kuppenhöhe zum Radius graphisch dargestellt. Die folgende Tabelle giebt diese Resultate in übersichtlicher Form wieder und zwar ist durch den Druck in kleinen Lettern angedeutet, dass die mittlere Höhe des Meniskus unmerklich wenig von der mittleren Höhe des entsprechenden Kugelsegmentes abweicht, während durch fetten Druck angezeigt wird, dass diese Abweichung bereits beträchtlich geworden ist.

Werthe der „mittleren Höhe“ f des Meniskus.

Radius in *cm*	δ							
	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4
0,05	0,0012	0,0025	0,0038	0,0050	0,0063	0,0077	0,0091	0,0107
0,1	0,0025	0,0050	0,0076	0,0102	0,0128	0,0155	0,0183	0,0213
0,15	0,0037	0,0075	0,0114	0,0153	0,0192	0,0232	0,0274	0,0318
0,2	0,0050	0,0103	0,0155	0,0206	0,0257	0,0310	0,0366	**0,0426**
0,25	0,0065	0,0131	0,0196	0,0261	0,0327	0,0393	**0,0462**	**0,0536**
0,3	0,0080	0,0159	0,0239	0,0320	**0,0401**	**0,0483**	**0,0566**	**0,0657**
0,35	0,0093	0,0188	0,0283	**0,0384**	**0,0489**	**0,0592**	**0,0700**	**0,0815** [1]
0,4	0,0108	0,0218	**0,0331**	**0,0453**	**0,0588**	**0,0737**	**0,0904** [1]	

Schl.

Behandlung verflüssigter Gase in zugesiegelten Röhren.

Von H. Moissan. *Compt. rend.* ***133.*** *S. 768. 1901.*

Die Erfahrungen, welche der Verf. in der vorliegenden Note mittheilt, beziehen sich theils auf die Herstellung der zur Verflüssigung von Gasen nothwendigen tiefen Temperaturen, theils auf die Auswahl und Behandlung der zur Aufbewahrung dienenden Glasröhren. Was die ersteren anlangt, so ist vorzüglich auf die im Laboratorium vorhandenen Hülfsmittel Rücksicht genommen; mittels der käuflichen komprimirten Kohlensäure lassen sich nach Angabe des Verf. eine ganze Reihe konstanter Temperaturen bis gegen — 110° herstellen:

— 80°: Alkohol und feste Kohlensäure,
bis — 85°: dasselbe Gemisch, in dem aber die Verdampfung der Kohlensäure durch hindurchgeblasene trockene Luft von Zimmertemperatur beschleunigt wird,
bis — 90°: Methylchlorür oder Aethylaldehyd und feste Kohlensäure,
bis — 95°: Essigäther und feste Kohlensäure,
bis — 98°: Azeton und feste Kohlensäure.

Wenn trockene Luft von der Temperatur — 80° in das letztgenannte Gemisch geblasen wird, sinkt die Temperatur bis gegen — 110°. Für tiefere Temperaturen standen die Siedepunkte des Sauerstoffs und der Luft zur Verfügung.

Die zur Aufbewahrung der Gase dienenden Glasröhren konnten Drucken bis gegen 300 Atm. widerstehen; für die extremen Drucke wurden Röhren von 1,5 *mm* innerem und 6 *mm* äusserem Durchmesser verwendet. Stark abgekühlte Röhren dürfen nur langsam und stufenweise erwärmt werden. In Betreff der übrigen bei diesen gefährlichen Versuchen zu ergreifenden Vorsichtsmaassregeln sei auf das Original verwiesen. *Rt.*

[1]) extrapolirt.

Praktische Annäherung an die thermodynamische Temperaturskale.

Von J. Rose-Innes. *Phil. Mag.* **2.** *S. 130. 1901.*

Die in der Thermodynamik durch das Carnot-Clausius'sche Prinzip gegebene Definition der Temperatur ist bekanntlich identisch mit derjenigen, welche zur Voraussetzung die ideale Existenz eines Stoffes hat, der dem Boyle-Mariotte-Gay-Lussac'schen Gesetz *streng* gehorcht, dessen spezifische Wärmen bei konstantem Druck und bei konstantem Volumen vom Volumen unabhängig sind und der mit dem Namen eines „vollkommenen" Gases bezeichnet wird. Die Gleichung

$$p v = R T$$

kann dann als Definitionsgleichung der thermodynamischen (absoluten) Temperatur T betrachtet werden, in der p, v Druck und Volumen, und R eine Konstante bedeutet, welche durch die Anfangswerthe als gegeben anzusehen ist[1]).

Die praktisch-physikalische Definition der Temperatur ist aber — einem internationalen Abkommen gemäss — durch das Gasthermometer, speziell das Wasserstoffthermometer, gegeben, unter der Annahme, dass das Messgas sich wie ein vollkommenes verhalte, gewissermaassen als eine erste Annäherung an die thermodynamische Skale.

Zu untersuchen, inwieweit die beiden Temperaturskalen einander nahe kommen, ist bereits der Gegenstand zahlreicher Arbeiten gewesen, zu denen auch frühere des Verfassers gehören[2]). Ohne auf weitere Einzelheiten, welche in das Gebiet der reinen Thermodynamik gehören, hier einzugehen, soll nur kurz das Prinzipielle der vorliegenden Untersuchungen mitgetheilt werden.

Die Abweichungen eines Gases vom vollkommenen Zustand werden wesentlich durch die Grösse des Joule-Thomson'schen Effektes bestimmt, welcher für ein ideales Gas verschwindet. Nun gilt, wie Lord Kelvin gezeigt hat (vgl. z. B. Kirchhoff, Wärme. *S. 86*), für ein durch einen porösen Stopfen strömendes Gas die Gleichung

$$T\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p - v = J K \cdot \frac{\partial T}{\partial p} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 1)$$

unter $\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p$ die Ableitung bei konstantem p, unter $\frac{\partial T}{\partial p}$ die beim Versuch auftretende Temperaturänderung im Verhältniss zur (hinreichend kleinen) Druckänderung, und unter J und K das mechanische Aequivalent der Wärmeeinheit und die Wärmekapazität verstanden. Ferner kann den Joule-Thomson'schen Versuchen gemäss die Grösse auf der rechten Seite der Gleichung 1) als eine reine Funktion der Temperatur T betrachtet werden, und zwar als eine nach steigenden Potenzen von T^{-1} fortschreitende Reihe

$$J K \cdot \frac{\partial T}{\partial p} = \sum_{(n)} a_n T^{-n} \; (n = 0, 1, \ldots) \quad \ldots\ldots\ldots \quad 2)$$

Daraus leitet nun der Verfasser eine Zustandsgleichung der Gase von der Form

$$p v = R T - \frac{R}{v} \sum_{(n)} \frac{a_n}{(n+1)\, T^{n-1}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 3)$$

her, wobei freilich vorausgesetzt wird, dass erstens die isotherme Kompressibilität $\left(\frac{\partial (p v)}{\partial p}\right)_T$ eine alleinige Funktion der Temperatur ist, was mit der Erfahrung übereinstimmt, und zweitens die Gleichung der „vollkommenen" Gase überhaupt als erste Annäherung an die Wirklichkeit betrachtet werden kann.

[1]) Vgl. hierüber z. B. die Bemerkung in Kohlrausch, Lehrbuch der praktischen Physik. Leipzig, B. G. Teubner 1901. *S. 548.*

[2]) Vgl. z. B. die von der folgenden wesentlich abweichende Methode des Hrn. Callendar bei H. Le Chatelier und O. Boudouard, *Mesure des températures élevées.* Paris, Carré & Naud 1900. *S. 28.*

Für die praktische Auswerthung der Formel 3) genügt es,

$$\sum_{(n)} a_n T^{-n} = a_0 + \frac{a_1}{T} + \frac{a_2}{T^2}$$

zu setzen, wo die Koeffizienten a_0, a_1, a_2 die folgenden Werthe besitzen:

	Wasserstoff	Stickstoff	Luft
$\frac{a_0}{v_0} =$	− 0,0009613	− 0,002541	− 0,002095
$\frac{a_1}{v_0} =$	0,05798	1,4281	1,3270
$\frac{a_2}{v_0} =$	28,94	105,42	52,365

in denen v_0 das Volumen von 1 *g* des Gases bei normaler Temperatur und normalem Druck bedeutet.

Nach Feststellung dieser Grundlagen untersucht der Verf., wesentlich unter Benutzung der sorgfältigen Beobachtungen von Chappuis am Wasserstoff- und Stickstoff-Thermometer mit konstantem Volumen

1. die (absolute) Lage des Wasser-Gefrierpunktes, ausgedrückt in Graden der thermodynamischen Skale,

2. die Differenzen der gasthermometrischen und der thermodynamischen Temperaturskale im Intervall zwischen dem Wasser-Gefrier- und -Siede-Punkt.

Es mag hier genügen, die endgültigen Resultate mitzutheilen:

	Lage des Eispunktes
Wasserstoff bei 100 *cm* Quecksilber Anfangsdruck	273,153°
Stickstoff „ 99,5 „ „ „	273,361°

Ueber die Ursache der Differenz beider Werthe kann die Diskussion als abgeschlossen noch nicht betrachtet werden.

Ferner wird folgende Tabelle der Differenzen des Gasthermometers von konstantem Volumen gegen die thermodynamische Temperaturskale zwischen Gefrierpunkt und Normal-Siedepunkt des Wassers mitgetheilt.

°C.	Wasserstoff	Stickstoff
0	0	0
10	− 0,0003	− 0,0011
20	5	19
30	7	24
40	7	26
50	7	27
60	7	25
70	6	21
80	4	16
90	− 0,0002	− 0,0009
100	0	0

Zum Schlusse untersucht der Verf. noch die Differenzen gegen das Gasthermometer von konstantem Druck, worauf aber nicht weiter eingegangen werden soll. *Bl.*

Abhängigkeit der Absorption des Lichtes in festen Körpern von der Temperatur.

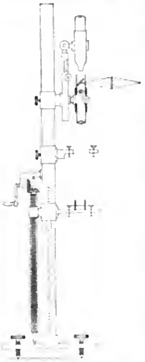
Von J. Koenigsberger. *Ann. d. Physik* **4.** *S. 796. 1901.*

Die Untersuchung von Gläsern, Krystallen und dünnen Metallschichten hat den Verf. zu folgenden Resultaten geführt. In festen, selektiv absorbirenden Körpern bewirkt steigende Temperatur eine Verschiebung der Absorptionskurven nach grösseren Wellenlängen und in einzelnen Fällen gleichzeitig eine geringe Ausdehnung des Absorptionsgebietes; die Grösse der maximalen Absorption ändert sich anscheinend nicht. Bei metallisch absorbirenden Substanzen bleibt die Absorption in einem Temperaturintervall von 10° bis 360° (für Platin bis 800°) ungeändert. *A. K.*

Apparat zur Messung der Krümmungen und anderer Konstanten eines optischen Systems.

Von R. Dongier. *Journ. de phys.* **10.** *S. 266. 1901.*

Der Apparat soll universelle Verwendung und schnelles Arbeiten gestatten, es wurde daher weniger Gewicht darauf gelegt, die äusserste Genauigkeit der Messung zu erzielen. An einer vertikalen Säule lassen sich in der aus der Figur ersichtlichen Weise ein für Autokollimation eingerichtetes Fernrohr und zwei Tische auf und nieder bewegen. Das als Okular dienende Mikroskop kann auf Ebenen, die sich in einem Abstande bis zum Dreifachen der Brennweite des Fernrohrobjektivs über diesem befinden, eingestellt werden. Indem man die Bewegung des ganzen Fernrohrs hinzunimmt, kann das Fernrohr so auf jede horizontale Ebene eingestellt werden. Ausserdem lässt sich das Fadenkreuz gegen das Fernrohrobjektiv verstellen.



Die Krümmung einer Fläche wird nun in folgender Weise bestimmt. Ist der Krümmungsradius kleiner als die Strecke, um die der untere Tisch auf und nieder bewegt werden kann, so wird zunächst das Fadenkreuz in die Brennebene des Fernrohrobjektivs dadurch eingestellt, dass das Fadenkreuzbild, das durch Reflexion an einem auf den unteren Tisch gelegten Planspiegel erhalten ist, mit dem Fadenkreuz selbst zum Zusammenfallen gebracht wird. Dann wird der Planspiegel durch die zu prüfende Fläche ersetzt, das jetzt von dem Fadenkreuz entworfene Spiegelbild mit dem Mikroskop eingestellt und der Tisch bei unverändertem Fernrohr so weit gehoben oder gesenkt, dass das Fernrohr auf die Fläche selbst eingestellt ist; dann giebt die Verschiebung des Tisches unmittelbar den halben Krümmungsradius.

Hat man es mit grösseren Radien zu thun, so bewegt man nicht den Tisch, sondern das Mikroskop. Aus dem Abstande der beiden Einstellebenen des Mikroskops von der oberen Brennebene des Fernrohrobjektivs und der Brennweite dieses Objektivs lässt sich der Krümmungsradius nach einer einfachen Formel berechnen.

Die Messung der Brennweiten erfolgt nach der Methode von Cornu (vgl. Violle, Lehrbuch der Physik. Deutsche Ausgabe. 2. Theil, 2. Bd. *S. 447*). Zunächst wird der Brennpunktsabstand bestimmt. Bei einem sammelnden Linsensystem verfährt man in folgender Weise: Dasselbe wird auf den oberen Tisch gebracht, der sich um eine horizontale Achse drehen lässt, um das System für verschiedene Hauptstrahlneigungen untersuchen zu können. Auf dem unteren Tisch befindet sich ein Planspiegel, der einmal in den unteren Brennpunkt des Systems, das andere Mal mit der unteren Aussenfläche des Systems zur Berührung gebracht wird; ist Letzteres nicht ohne Weiteres ausführbar, so hilft man sich dadurch, dass man den Abstand mit einem Tiefentaster misst. Dann wird das Linsensystem auf den unteren Tisch gebracht und der Abstand des Bildes einer jeden Aussenfläche von der anderen bestimmt.

Bei einem zerstreuenden Linsensystem werden zur Bestimmung der Brennpunktsabstände Planspiegel und System übereinander auf den unteren Tisch gebracht. Man vergrössert dann den Abstand zwischen Fernrohrobjektiv und Fadenkreuz, bis das Bild des Fadenkreuzes mit ihm selbst zusammenfällt, und senkt den Tisch, bis die obere Fläche des Systems eingestellt ist. *A. K.*

Nachweis der Zerlegung des Lichtes in zwei zirkulare Komponenten bei der elektromagnetischen Drehung der Polarisationsebene.

Von B. Brace. *Phil. Mag.* **1.** *S. 464. 1901.*

Bekanntlich ist die natürliche optische Aktivität eines Körpers durch seine Fähigkeit bedingt, das eindringende linear polarisirte (oder auch natürliche) Licht in zwei entgegengesetzt zirkular schwingende Strahlen von verschiedener Fortpflanzungsgeschwindigkeit zu zerlegen. Die Existenz dieser beiden Strahlen wurde im Quarz von Fresnel, Stefan und Dove, in flüssigen aktiven Substanzen von v. Fleischl experimentell nachgewiesen. Nach vielen vergeblichen Versuchen ist es nunmehr Brace gelungen, direkt zu zeigen, dass auch die elektromagnetische Drehung durch eine zirkulare Doppelbrechung des Mediums verursacht wird: in Richtung der Kraftlinien des magnetischen Feldes pflanzen sich stets zwei Wellen fort, welche in entgegengesetztem Sinne zirkular polarisirt sind und mit ungleicher Geschwindigkeit fortschreiten.

Um die Zerlegung des Lichtes nachzuweisen, wurde zwischen die Hypotenusenflächen (50×100 *mm*) zweier rechtwinkliger Glasprismen ($n_D = 1{,}903$) *B* und *C* (Fig. 1 und 2) die Glimmerplatte *M* mittels α-Monobromnaphtalin ($n_D = 1{,}658$) gekittet. Ebenso wurden auf die Glasprismen noch zwei kleine rechtwinklige Hülfsprismen *A* und *A'* mit ihren Hypotenusenflächen gekittet. Der durch *A* eintretende Lichtstrahl *a* kam erst nach fünfmaligem Herumlaufen,

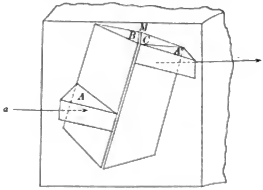


Fig. 1.

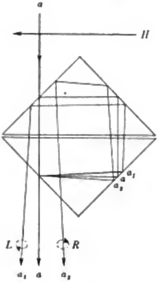


Fig. 2.

wobei er zwanzigmal total reflektirt wurde, durch *A'* in der Pfeilrichtung wieder heraus. Das magnetische Feld, dessen Kraftlinien die Richtung *H* (Fig. 2) hatten, wurde durch einen grossen Elektromagneten erzeugt und betrug 8700 *C.G.S.* Der von den Prismen 10 *m* entfernte und mit Natriumlicht beleuchtete Spalt *a* wurde durch ein Fernrohr betrachtet. Sobald dann der Elektromagnet in Wirksamkeit gesetzt wurde, sah man zwei Bilder a_1 und a_2 des leuchtenden Spaltes.

Der durch das Hülfsprisma *A* ohne Brechung in das Prismensystem eintretende Strahl *a* bleibt nämlich bis zur ersten totalen Reflexion *ein* natürlicher, da er senkrecht zu den Kraftlinien gerichtet ist. Erst bei der Reflexion erhält er die Richtung, in der die zirkulare Doppelbrechung stattfindet. Es müssen also zwei getrennte zirkular polarisirte Strahlen a_1 und a_2 auftreten, da ihre Geschwindigkeiten verschieden sind. Das Mittel der letzteren ist, wie sich zeigen wird, gleich der Geschwindigkeit des ursprünglichen Strahls *a* senkrecht zu den Kraftlinien oder auch ohne magnetisches Feld.

Bei der zweiten Reflexion erleidet jede der beiden zu einander rechtwinklig und linear schwingenden Komponenten des zirkular polarisirten Strahls a_1 einen verschiedenen Gangunterschied, folglich pflanzt sich a_1 als ein einziger elliptisch polarisirter Strahl bis zur dritten Reflexion fort, wo wieder jede der beiden Komponenten einen Gangunterschied erfährt. Nun ist die Glimmerplatte so geschliffen, dass durch diese und die beiden letzterwähnten totalen Reflexionen die beiden Komponenten gegen einander gerade einen Gangunterschied von einer halben Wellenlänge erleiden. Der Strahl a_1 ist daher nach der dritten Reflexion wieder zirkular polarisirt, und zwar im entgegengesetzten Sinne wie vor der zweiten Reflexion. Der Strahl a_1 wird demnach nicht weiter zerlegt. Dasselbe gilt auch für den Strahl a_2.

Ist die Neigung der Strahlen a_1 und a_2 zu einander nach der ersten Reflexion r (gleich 0,52″), so beträgt sie nach der zweiten Reflexion $2r$, nach der dritten $3r$ u. s. f. Letzteres ist folgendermaassen einzusehen. In Fig. 2 befindet sich der Südpol des Elektromagneten links. Ferner wird die Polarisationsebene in derselben Richtung gedreht, in welcher der galvanische Strom fliesst, durch den man sich das magnetische Feld mittels einer Drahtspirale erzeugt denken kann. Da nun die Geschwindigkeit des Strahls a_1 nach der ersten Reflexion verkleinert ist, so ist er rechts zirkular polarisirt. Nach der dritten Reflexion ist er also links zirkular polarisirt und bekommt dann wieder die kleinere Geschwindigkeit. Nach zwanzigmaliger Reflexion treten schliesslich durch das Hülfsprisma A' die beiden Strahlen a_1 und a_2 als ziemlich linear und senkrecht zu einander polarisirte heraus, weil nach dem letzten Durchgang durch die Glimmerplatte eine Reflexion fortfällt. Vor der letzten Reflexion war a_1 links und a_2 rechts zirkular polarisirt. Der beobachtete Abstand der beiden Bilder im Fernrohr stimmte mit dem theoretisch berechneten überein. Mitten zwischen ihnen lag das Bild des Spalts bei ausgeschaltetem magnetischen Felde.

Da durch eine Reflexion und die Glimmerplatte den beiden Komponenten jedes Strahls ein Gangunterschied von noch nicht ganz $^3/_8$ Wellenlänge gegen einander ertheilt wurde, so liess sich mit Hülfe eines vorgeschalteten Nicols nachweisen, dass zuletzt a_1 links und a_2 rechts zirkular polarisirt waren. Besser wäre es wohl gewesen, wenn der Verf. die beiden Strahlen auch zirkular polarisirt hätte austreten lassen. Dies wäre der Fall gewesen, wenn das Hülfsprisma A' auf B gekittet worden wäre und die Strahlen durch eine konachsiale Bohrung des einen Halbankers des Elektromagneten auf das Fernrohr gefallen wären.

Kehrt man den elektrischen Strom um, so ist a_1 wieder der Strahl mit der kleineren Geschwindigkeit, aber vor der letzten Reflexion jetzt rechts zirkular polarisirt. *Schck.*

Apparat zum Photometriren in allen Richtungen des Raumes.

Von M. Herschkowitsch. *Schilling's Journ. f. Gasbel. u. Wasserversorg.* **44.** *S. 650. 1901*[1]).

Der vom Verf. beschriebene Apparat zum Photometriren unter verschiedenen Ausstrahlungswinkeln gegen die Horizontale stimmt mit einer von H. Krüss vor drei Jahren in derselben Zeitschrift (**41.** *S. 253. 1898*) angegebenen Anordnung im Prinzip vollständig überein. Da über die Krüss'sche Anordnung in dieser Zeitschrift noch nicht berichtet worden ist, so mögen die beiden Konstruktionen hier gleichzeitig beschrieben werden.

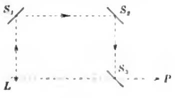


Fig. 1.

Gemeinsames Prinzip. Fig. 1 stellt schematisch die beiden Apparaten gemeinsame Spiegelanordnung, Fig. 2 den Apparat von Krüss und Fig. 3 denjenigen von Herschkowitsch in Ansicht dar[2]). In beiden Fällen trägt eine auf der Photometerbank zu verschiebende Säule (A in Fig. 2, S in Fig. 3) eine drehbare Kombination von drei Spiegeln (S_1 S_2 S_3 in Fig. 1 u. 2,

[1]) Bei der Abfassung des Referates sind ferner einige vom Verf. der Redaktion gemachte Mittheilungen benutzt worden.

[2]) Fig. 2 ist von Hrn. Dr. H. Krüss in Hamburg, Fig. 3 von Hrn. Dr. M. Herschkowitsch in Jena freundlichst zur Verfügung gestellt worden.

m n o in Fig. 3), deren Drehungsachse mit der durch die Mitte von S_3 bezw. *o* gehenden optischen Achse der Photometerbank (Photometerachse) zusammenfällt. Die zu messende Lampe wird so eingestellt, dass sich ihre Mitte in der Photometerachse und zwar im Zentrum des Kreises befindet, welchen die Mitte des Spiegels S_1 bezw. *m* bei der Drehung des Spiegelsystems beschreibt. Die drei Spiegel S_1 S_2 S_3 (Fig. 1) haben eine solche Lage gegen einander, dass das von der Lampenmitte *L* senkrecht zur Photometerachse *LP* ausgehende, auf S_1 auffallende Licht auf dem durch Pfeile angedeuteten Wege in der Richtung *LP* ins Photometer geworfen wird. Die Richtung dieser von *L* ausgehenden Strahlen wird an dem Theilkreise (*K* in Fig. 2, *T* in Fig. 3) abgelesen, mit welchem die Drehachse des Spiegelsystems versehen ist. Der Abstand der zu messenden Lampe von ihrem durch das System entworfenen Bilde ist gleich der doppelten Entfernung der Mitten der beiden Spiegel S_2 und S_3.

Bei der Messung ist noch die durch Reflexion und Polarisation bewirkte Lichtschwächung zu berücksichtigen. Krüss und Herschkowitsch bestimmen die letztere, indem sie dieselbe Lampe einmal mit und das andere Mal ohne Spiegelsystem in der *gleichen*, aber

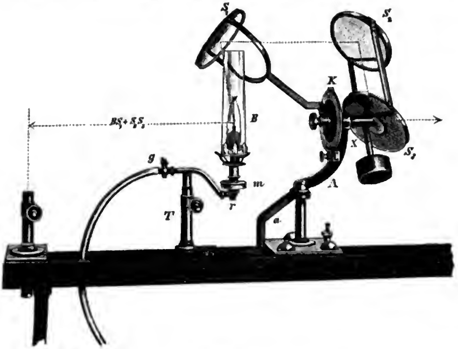


Fig. 2.

beliebigen horizontalen Richtung photometriren und das Verhältniss der beiden gefundenen Lichtstärken bilden. Nach Ansicht des Ref. müsste noch untersucht werden, ob dieses Verhältniss sich mit der Ausstrahlungsrichtung ändert.

Unterschiede in der Ausführung. 1. Während bei dem Krüss'schen Apparat die Spiegel frei liegen, sind sie bei demjenigen von Herschkowitsch in ein Gehäuse eingeschlossen, wodurch eine grössere Stabilität erzielt und das Licht, das von S_1 direkt auf den Photometerschirm fallen würde, abgeblendet werden soll; das Letztere lässt sich bei dem Krüss'schen Apparat durch Aufstellung von geeigneten Schirmen erreichen.

2. Wenn der Spiegel S_1 in Fig. 2 senkrecht oder nahezu senkrecht unter der Lampe liegt, tritt der Träger *A* zwischen die Spiegel S_1 und S_2 und blendet Licht ab. Der in Fig. 2 dargestellte Apparat lässt sich demnach nicht zum Messen unter diesen Ausstrahlungsrichtungen verwenden, wohl aber der Apparat der Fig. 3, in Folge der Anordnung der drei Spiegel auf derselben Seite der Säule *S*. Der Vorzug dieser letzteren Anordnung ist aber dann ein unwesentlicher, wenn beide Apparate zum Photometriren von Gasglühlichtlampen und aufrecht stehenden elektrischen Glühlampen benutzt werden, bei denen das senkrecht nach unten gehende Licht durch die Lampentheile (Brennerkrone, Düsenrohr; Sockel, Fassung) vollständig abgefangen wird.

3. **Herschkowitsch** versieht das Spiegelsystem mit zwei Mikrometerschrauben *M*, durch welche die Drehungsachse in der horizontalen Ebene justirt werden kann. Bei der **Krüss**'schen Anordnung fehlen diese Justirungsschrauben, offenbar, weil von der Voraussetzung ausgegangen wird, dass der ganze Apparat so fest gebaut sein muss, dass sich alle Justirungen ein für alle Male schon in der Werkstatt vornehmen lassen. Die Möglichkeit einer solchen Justirung ist allerdings als ein Vorzug zu bezeichnen, so lange sich der Apparat in den Händen von geübten Beobachtern befindet.

4. Das den Brenner tragende Rohr ist mit der Spiegelvorrichtung in Fig. 2 fest verbunden, in Fig. 3 dagegen nicht. Deshalb lässt sich der Brenner in Fig. 2 nur in der Höhe

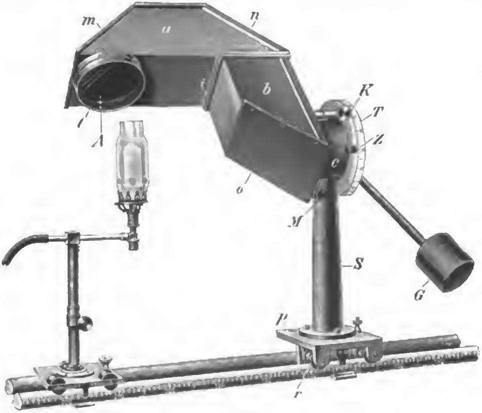


Fig. 3.

einstellen, was bei genügender Festigkeit vollkommen ausreicht, da der Abstand zwischen Brenner und Spiegelvorrichtung in der Werkstatt justirt ist. Bei dem Apparat der Fig. 3 lässt sich der Brenner nicht allein durch Verstellen in der Höhe, sondern auch durch Verschieben des ihn tragenden Wagens richtig einstellen.

Schliesslich muss noch darauf hingewiesen werden, dass beide Apparate mit demselben Fehler — auf welchen **Krüss** übrigens selbst aufmerksam gemacht hat — behaftet sind, dass sie nämlich eine Messung des senkrecht *nach oben* gehenden Lichtes eines Gasbrenners u. s. w. nicht gestatten, weil durch die Flammenhitze der Spiegel S_1 (Fig. 2) bezw. der Spiegel *m* (Fig. 3), eventuell auch die Spiegel *n* und *o*, bald beschädigt werden würden.

L. h.

Der scheinbare Widerstand eines ballistischen Galvanometers mit beweglicher Spule.

Von D. **Robertson**. *The Electrician* **46.** *S. 901 u.* **47.** *S. 17. 1901.*

Will man ein Galvanometer mit beweglicher Spule als ballistisches Galvanometer benutzen, so muss man bedenken, dass die Spule desselben während des ballistischen Ausschlags Kraftlinien schneidet und dadurch einen dämpfenden Strom verursacht. Obwohl nun der letztere erst durch den Ausschlag des Galvanometers zu Stande kommt, nimmt

Robertson in erster Annäherung an, dass ablenkender Stromstoss und dämpfender Gegenstrom schon vor Beginn der Bewegung der Spule abgelaufen sind.

Man setze voraus, dass die Spule sich in einem gleichförmigen, radialen Feld bewegt; sei weiter q das Produkt aus der Windungszahl der Spule und der Zahl der Kraftlinien, die bei 1 Skalentheil Ablenkung von der Spule geschnitten werden, so ist die gegenelektromotorische Kraft, die durch einen Ausschlag von α Skalentheilen geweckt wird, gleich $q\alpha$. Es werde nun das Galvanometer aussen durch eine Spule von n Windungen geschlossen, die sich in einem magnetischen Felde befinde; durch Bewegen dieser Spule werde die Zahl der Kraftlinien, die sie umschliesst, um N Linien geändert, sodass in derselben die elektromotorische Kraft Nn erzeugt wird; dann ist die Elektrizitätsmenge, die durch das Galvanometer fliesst

$$Q = k\alpha = \frac{Nn - q\alpha}{R + G} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 1)$$

dabei ist G der Galvanometerwiderstand, R der gesammte äussere Widerstand, k die ballistische Galvanometerkonstante, wie sie durch Entladen eines Kondensators durch das Galvanometer gefunden werden kann.

Der Gleichung 1) kann man die Formen geben

$$Nn = (R + G + q/k)\,k\alpha \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 2)$$

und

$$R\alpha = \frac{Nn}{k} - \left(G + \frac{q}{k}\right)\alpha \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 3)$$

Die Gleichung 2) zeigt, dass man der gegenelektromotorischen Kraft einfach dadurch Rechnung tragen kann, dass man statt des Galvanometerwiderstandes G den „scheinbaren Galvanometerwiderstand“ $G + q/k$ einführt.

Die Gleichung 3) besagt das Folgende: Lässt man die erregende elektromotorische Kraft konstant und beobachtet für verschiedene äussere Widerstände R die zugehörigen Ablenkungen, so müssen die Grössen $R\alpha$ und α ein lineares Gesetz befolgen. Trägt man die beobachteten Werthe α als Abszisse, $R\alpha$ als Ordinate in ein Koordinatensystem ein, so erhält man thatsächlich nahezu eine Gerade, sodass für rohere Versuche die oben erwähnte Voraussetzung berechtigt ist. Ist ϑ der Winkel zwischen dieser Geraden und der Abszissenachse, so findet man durch $\operatorname{tg}\vartheta = G + q/k$ die Grösse des scheinbaren Widerstandes.

Für drei verschiedene Galvanometer (englischer Fabrikation) wurde so gefunden

Windungszahl der Galvanometerspule	Widerstand G	Scheinbarer Widerstand $G + q/k$
600	126,5 Ohm	327 Ohm
20	18,4 „	50,6 „
1000	887 „	10 500 „

Weiter zeigt Robertson, dass man auch bei einem Galvanometer mit einem Nebenschluss in erster Annäherung genügend genau arbeitet, wenn man in den Formeln den Galvanometerwiderstand durch den scheinbaren Galvanometerwiderstand ersetzt.

Schliesslich wird die Theorie streng durchgeführt unter der Annahme, dass die ablenkende Elektrizitätsmenge Q die Galvanometerspule bereits vor Beginn der Bewegung durchflossen hat; erst nach dem Stromstoss beginnt die Bewegung der Spule und damit die dämpfende Kraft des Gegenstromes. Es ergiebt sich die Ablenkung $\alpha = QF$, wo für F in seiner Abhängigkeit vom Gesammtwiderstand R des Stromkreises Tabellen berechnet sind. Betreffs näherer Ausführung dieser Formel muss auf das Original verwiesen werden.

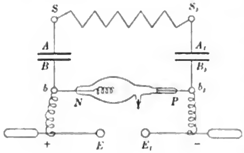
E. O.

Versuche mit einem Hochspannungstransformator.

Von P. Villard. *Journ. de phys.* **10.** *S. 28. 1901.*

Der Transformator, mit dem Villard seine Versuche anstellte, war für einen Wechselstrom von 42 Perioden in der Sekunde bestimmt. Eine primäre Spannung von 110 Volt bei 7 bis 8 Amp. lieferte an den sekundären Klemmen 50 000 Volt. Um nun die bei so hohen

Spannungen auftretenden Gefahren für den Arbeitenden sowohl, wie für die sekundär anzuschliessenden Apparate zu verringern, schaltet Villard ähnlich wie bei den bekannten Tesla'schen Versuchen zwei Glimmerkondensatoren AB, A_1B_1 in den sekundären Kreis SS_1 des Transformators. Werden die beiden Belegungen BB_1 mit einer Funkenstrecke EE_1 verbunden, so kann man ohne Gefahr die Kugeln bis zur Berührung einander nähern. Durch geeignete Wahl der Kondensatoren AB, A_1B_1 hat man es in der Hand, stärkere oder schwächere Entladungen zwischen E und E_1 zu erzeugen. Zwischen die Elektroden bb_1 setzt nun Villard eine Kathodenröhre von besonderer Form, wie er sie bereits früher (*Compt. rend.* **128.** *S. 994. 1899*) beschrieben hat. Die eine Elektrode N besteht aus einer grossen Spirale aus Aluminiumdraht, die sich in einem weiten Gefäss von etwa 400 *ccm* Inhalt befindet. Die andere Elektrode dagegen wird durch eine kleine Aluminiumscheibe P von wenigen Millimeter Durchmesser gebildet; sie befindet sich in einer engen Röhre, die vor der Scheibe noch weiter zusammengezogen ist. Derartige Röhren haben die Eigenthümlichkeit, die Entladungen von Spannungen bis zu 50000 Volt nur in *einer* Richtung hindurchzulassen, und zwar treten die Entladungen nur ein, wenn die weite Spirale N Kathode ist. Wird also eine solche Röhre an die sekundären Pole bb_1 des Transformators angelegt, so wird nur die eine Hälfte der periodischen Spannung sich durch die Röhre entladen. Man erhält somit an den Polen EE_1 eine Wellenspannung, die nur in einer Richtung zwischen Null und einem beträchtlichen Werthe auf und ab schwankt. Durch eine Schaltung von vier derartigen Röhren in Wheatstone'scher Brücke entsprechend der Anordnung der Graetz'schen Aluminiumzellen hat man auch die Möglichkeit, diese hohen Wechselspannungen in Gleichspannungen umzuwandeln. *E. O.*



Bemerkungen über den Hensoldt'schen Entfernungsmesser.

Von Dr. A. Leman in Charlottenburg.

Mit dem günstigen Urtheil, welches Hr. Prof. Hammer in dem Schlussabsatze seines Referates in *dieser Zeitschr.* **21.** *S. 311. 1901* über den Hensoldt'schen Entfernungsmesser fällt, kann ich mich auf Grund folgender Auseinandersetzungen nicht einverstanden erklären. Vielmehr muss ich das Hensoldt'sche Prisma für entschieden geringwerthiger bezeichnen, als das ältere Souchier'sche. Dass das Seh- oder Gesichtsfeld des neuen Prismas grösser sei, als das des älteren, wie der Verfertiger in seinen Prospekten behauptet, entspricht nicht der Thatsache. Lediglich die Einblicksfläche ist — und zwar auch nur dem oberflächlichen Anschein nach — grösser; dies wirkt zwar bestechend, ist aber ohne jede praktische Bedeutung, weil das Auge von ihr, genau wie bei dem Okular des holländischen Fernrohres, doch nur immer einen kleinen, dem Durchmesser der Pupille entsprechenden Theil in Anspruch nimmt.

Allgemein versteht man bei jedem optischen Instrument unter dem Seh- oder Gesichtsfeld den *Winkel*, bis auf welchen beim Durchblicken der freie Ausblick des Auges in die vorliegende Gegend eingeschränkt wird, und dieser Winkel hat auch allein praktische Bedeutung, weil von seiner Grösse die mehr oder weniger leichte Orientirung in der Gegend abhängt. Aus dem Strahlengange[1]) in Fig. 1 u. 2 erkennt man, dass es bei dem älteren Prisma einen Ort o für das Auge giebt, in welchem das Gesichtsfeld α genau ebenso gross ausfällt, als bei dem neuen, nämlich 16° 40'. Dieser Punkt o liegt um $^3/_{10}$ der Strecke br von b entfernt, wenn $\angle\, b'cr = 90°$ gemacht wird. Geht man aber in Fig. 1 mit dem Auge von o aus mehr nach der linken Ecke b, so wird das Gesichtsfeld α noch grösser und hat

[1]) In beiden Figuren ist der grösseren Klarheit wegen nur der Gang der Strahlen im Inneren des Glases gezeichnet, der Einfluss der Brechungen beim Ein- und Austritt aber nicht berücksichtigt. Durch diesen wird bei beiden Prismen das Gesichtsfeld noch um etwa die Hälfte vergrössert.

theoretisch eine Grenze, bei welcher es mit 22° 30′ um mehr als $\frac{1}{3}$ *grösser* ist, als das des neuen Prismas. Bei Verschiebung des Auges nach rechts hin nimmt es anfänglich langsam, später rascher ab, hört aber erst ganz auf, wenn das Auge im Punkte *r* angekommen ist. Bei dem neuen Prisma (Fig. 2) bringt *jede* Verschiebung des Auges von der Mitte *o* der Fläche *a b* *sowohl nach rechts als auch nach links* hin eine, wenn auch nur geringfügige *Verkleinerung* des Gesichtsfeldes mit sich. Hiernach leuchtet ein, bei welchem der beiden Prismen in Bezug auf diesen Punkt der Vorzug liegt. Die ganze Strecke von *b* bis *r* in Fig. 1, bezw. von *b* bis *a* in Fig. 2, um welche das Auge bei der Beobachtung verschoben werden kann, d. h. also die Breite der Einblicksfläche ist bei beiden Prismen ungefähr *gleich* gross. Sie hat aber nur insofern Bedeutung, als sie gleichzeitig an der Eintrittsfläche als Oeffnungsweite für die von den Gegenständen kommenden Strahlen auftritt.

Für die richtige Beurtheilung beider Prismenformen kommt aber noch ein anderer Punkt in Betracht, welcher der älteren zweifellos einen ganz entscheidenden Vorzug vor der neueren verleiht. Bei jener sind nämlich die reflektirenden Flächen gegen die Richtungen der Lichtstrahlen so stark geneigt, dass *unter allen Umständen*, sogar bei Benutzung des leichtesten Crownglases, *Totalreflexion* auftritt, wobei also jeder Lichtverlust an diesen

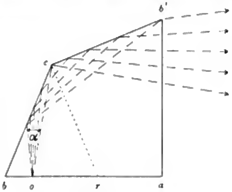


Fig. 1.

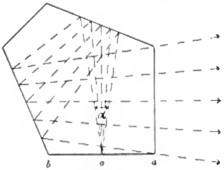


Fig. 2.

Flächen vermieden wird. Bei der neueren Form dagegen ist *Totalreflexion* unter *keinen* Umständen zu erreichen, selbst nicht bei Anwendung von schwerstem Flintglas. Die spiegelnden Flächen müssen daher nothwendig versilbert oder belegt werden und es entsteht dadurch an *jeder* von ihnen ein Verlust von mindestens 12% des darauf fallenden Lichtes, an beiden zusammen also von fast $\frac{1}{4}$ der natürlichen Helligkeit[1]).

So lange das Hensoldt'sche sog. Pentagonprisma nur als Hülfsmittel zum Abstecken rechter Winkel dem alten Wollaston'schen Prisma, aus welchem das Souchier'sche Entfernungsprisma entstanden ist, oder auch dem bekannten Bauernfeind'schen Winkelprisma gegenüberstand, spielte jener Lichtverlust freilich keine besonders grosse Rolle, denn der Feldmesser kann sich die Zeit für seine Arbeit meist so wählen, dass er Licht genug zur Verfügung hat, um einen Theil davon missen zu können. Anders liegt die Sache aber bei den Entfernungsmessungen für militärische Zwecke, für welche das Souchier'sche Instrumentchen vielfach Eingang gefunden hat. Dort ist der Offizier an Zeit und Umstände gebunden und oft genöthigt, bei dunstiger Luft oder beginnender Dämmerung zu arbeiten, und wird dabei jeden Lichtverlust schwer empfinden.

Die versilberten oder belegten Flächen sind ausserdem auch schon gegen leichte Berührung sehr empfindlich, bekommen leicht durchsichtige Stellen, die beim Gebrauch als schwarze Punkte bezw. Flecken erscheinen und daher äusserst störend sein würden. Um sie zu vermeiden, ist man genöthigt, das Prisma in ein festes Gehäuse aus Metall einzuschliessen, wodurch sein Gewicht und seine Herstellungskosten merklich erhöht werden. Freilich sieht es dadurch eleganter und solider aus, als das Souchier'sche, für dessen Schutz eine leichte Hülle aus Hartgummi genügt. Gerade dieses unscheinbare Gewand ist

[1]) Vgl. E. Hagen und H. Rubens, *diese Zeitschr.* **19.** *S. 305. 1899.*

aber das praktischere, denn es erleichtert beim Gebrauch das bequeme und ruhige Halten des Prismas zwischen Daumen und gekrümmtem Zeige- bezw. Mittelfinger und gestattet ferner, das kleine, flache Instrumentchen in der Westentasche zu tragen.

Bei dieser Gelegenheit bemerke ich gleichzeitig, dass auch den Hensoldt'schen Prismenfernrohren der gleiche Mangel anhaftet. Hier ist allerdings nur *eine* versilberte Fläche vorhanden und deshalb der Lichtverlust nicht so stark. Da aber diese Art Fernrohre wegen der Kleinheit der Objektivöffnung überhaupt schon an Lichtschwäche leidet, so muss bei ihnen ganz besonders darauf geachtet werden, dass nicht noch vermeidbare Lichtverluste eintreten. Auch hier wird deshalb den älteren bekannten Prismenkombinationen, bei welchen nur Totalreflexion stattfindet, der Vorzug zuerkannt werden müssen.

Erwiderung auf vorstehende Bemerkungen.

Dem Verf. der vorstehenden Notiz gebe ich gerne zu, dass die Ausdrucksweise am Schluss meines Referats *S. 311* (Grösse des Gesichtsfeldes) nicht ganz zutreffend war.

Ich muss trotzdem bei meinem Urtheil bleiben, nach dem mir die Arbeit mit dem Hensoldt'schen Instrumentchen *wegen des leichtern Auffindens der Bilder* bequemer erscheint, als die mit dem Souchier'schen; ja ich glaube, dass Jeder, der beide Instrumente unmittelbar nach einander gebraucht, wie ich es eben jetzt wieder gethan habe, zu demselben Urtheil kommen wird. Ohne in diese Zeitschrift das lange Hin und Wider über beide Instrumente verpflanzen zu wollen, das sich in der *Centralzeitung f. Optik u. Mechanik* von *1899. Nr. 20* an abgespielt hat (vgl. ferner in der *genannten Zeitschrift 1899. Nr. 24; 1900. Nr. 3, 5, 10, 12*), möchte ich mir doch erlauben, hier auch auf das Urtheil von Prof. Vogler zu verweisen, der ebenfalls als anfänglicher Gegner des Pentagonprismas „durch den allgemeinen Beifall überrascht“ war, „den es bei seinen Assistenten fand“; „man sollte doch immer den Praktiker mitreden lassen“. Ich möchte nur noch beifügen, dass die Art der Versilberung bei dem neuen Distanzprisma derart sein muss, dass der grosse von Hrn. Leman angenommene Lichtverlust nicht vorhanden sein kann. Dass ferner das Gewicht des Hensoldt'schen Prismas etwas höher ist, hat bei dem im Ganzen immer noch genügend leichten Instrument doch nichts zu sagen; ebenso kann nicht in Betracht kommen, dass das neue Instrument mit Lederhülle und Riemen geliefert wird, wer es lieber in der Tasche trägt, kann es doch ebenso gut in ein Etui legen und in der Tasche tragen wie das Souchier'sche. Zu erwähnen habe ich noch, dass an meinem Exemplar des Souchier'schen Instruments die Konstante 48,5 beträgt und dieses Exemplar demnach beim Gebrauch, wenn man nicht den Rechenschieber benutzen will, eine Tabelle verlangt, die auch auf der Hülle angebracht ist (übrigens nicht mit genügend engem Intervall); auch an anderen mir bekannt gewordenen Instrumenten nach Souchier ist die Konstante eine Zahl, die nur genähert 50 beträgt, wie dies auch in der Literatur mehrfach erwähnt wird (vgl. z. B. Jordan, Handbuch d. Vermess. 2. Bd. 5. Aufl. Stuttgart 1897. *S. 630*). Dagegen habe ich bei dem mir zu Gebote stehenden Hensoldt'schen Instrument aus der Annahme, Konstante = 50, die also eine Tabelle ganz überflüssig macht, aus zahlreichen Versuchen an bekannten Strecken keine einseitigen Fehler ableiten können. Freilich entspricht ohne Zweifel einerseits auch bei den Prismen nach Souchier neuerdings der Abschleifungswinkel genauer als früher der Konstanten 50, andererseits hat vielleicht auch unter den Hensoldt'schen Instrumenten das eine oder andere eine Konstante, die merklich von 50 abweicht; ich kenne in der Literatur keine *Nachweise* darüber und habe von Hensoldt's Instrumenten bis jetzt nur ein einziges prüfen können; aber erwähnt musste dies werden.

Auf die Verwendung der Pentagonprismen für Prismenfernrohre einzugehen, wie es Hr. Leman zum Schluss thut, habe ich keine Veranlassung. Bemerkenswerth ist meiner Ansicht nach jedenfalls, dass die Hensoldt'schen Fernrohre wohl die grössten bisher für Prismenfernrohre verwendeten Objektivdurchmesser haben.

Stuttgart, 28. November 1901. *Hammer.*

Neu erschienene Bücher.

Lehrbuch der Navigation. Hrsg. vom Reichs-Marineamt. In 3 Bänden. gr. 8°. Berlin, E. S. Mittler & Sohn 1901. 16,00 M.

I. Terrestrische Navigation. XIV, 341 S. m. 4 Taf. u. 142 Fig. im Text. — II. Astronomische Navigation. XII, 428 S. m. 2 Taf. u. 175 Fig. im Text. — III. Anleitg. z. Küstenvermessungen. IV, 108 S. u. 29 Fig. im Text.

Bei der ausserordentlichen Entwicklung unserer Kriegs- und Handelsmarine und unserer überseeischen Beziehungen aller Art ist die Erneuerung des vom Reichs-Marineamt herausgegebenen Lehrbuchs der Navigation (3. Aufl.) mit Freuden zu begrüssen. An der Redaktion haben unter Leitung von Admiralitätsrath Rottok theilgenommen Prof. Dr. Börgen und Abtheilungsvorstand Dr. Stechert, ferner 4 Offiziere der Kaiserl. Marine: Kap. z. S. Schröder, Korv.-Kap. Gessler, Kap.-Leut. Behm und Kap.-Leut. Deimling.

Ich kann hier auf den Inhalt des umfangreichen Werkes nur so weit eingehen, als er für den Gegenstand dieser Zeitschrift, die Instrumentenkunde, in Betracht kommt, und ich muss mich auch hierbei im Wesentlichen auf eine Inhaltsangabe beschränken.

Im ersten Band sind sehr ausführlich behandelt die Kompasse, sowohl Fluid- als Trockenkompasse, und die Deviationsberechnung, überhaupt die ganze Deviationslehre, ferner Lothe und Lothmaschinen, sowie die Loggapparate. Die Bestimmung des Schiffsorts mit Hülfe von Landpunkten wird auch Nichtseeleute interessiren; bei der „Pothenot'schen Bestimmung" hätte neben dem Doppeltransporteur (*Stationpointer* der Engländer; bei uns ganz gut „Standpeiler" genannt) vielleicht auch der Bauernfeind'sche „Einschneidezirkel" Erwähnung verdient, der ja allerdings zunächst ein Messtischapparat ist, aber ebenfalls leicht mit Kreistheilung versehen werden könnte. Auf die terrestrische Besteckrechnung, im rein nautischen Sinn das Hauptstück am Schluss des 1. Bandes, ist hier nicht einzugehen; es sei nur die Bemerkung gestattet, dass sich hier für die Karteneinträge sowohl bei loxodromischer als bei orthodromischer Fahrt allerhand Hülfsinstrumente und graphisch-mechanische Vorrichtungen herstellen liessen, die manche Rechnung ersparen würden.

Der Anhang des 1. Bandes enthält Tabellen sowie die neuesten drei Neumayer'schen Weltkarten der erdmagnetischen Elemente.

Der zweite Band, astronomische Navigation, giebt nach der Einleitung über die Sphäre eine Beschreibung der Winkelmessinstrumente Sextanten und Oktanten, „Prismenkreise" (so heisst in der Nautik allgemein der Spiegelprismenkreis, bei dem aber nur der *feste* Spiegel des Spiegelkreises durch ein Prisma ersetzt, dagegen der grosse Spiegel (auf dem Alhidadenarm) als solcher beibehalten ist; man sollte also doch lieber bei Spiegelprismenkreis bleiben, damit Unterscheidung gegen die wirklichen Prismenkreise, von Steinheil, Wegener u. A., vorhanden ist); auf die Instrumente (Gyroskop-Kollimator von Fleuriais, Freihandhöhenwinkelmesser mit Reflexion der Libelle in das Gesichtsfeld), die vom Seehorizont unabhängig machen, ist nicht eingegangen, obgleich die neuren Erfahrungen über die terrestrische Refraktion über Wasserflächen sehr dazu auffordern würden.

Ueber die Bestimmung von Zeit, Breite, Azimut werden die bekannten Methoden vorgetragen. Sehr ausführlich ist die Berechnung und überhaupt Benutzung der Standlinien-Methoden erläutert. Die Abhandlung über das Chronometer (von dem Spezialisten Dr. Stechert) ist recht klar und werthvoll, ebenso der Abschnitt über die Chronometerkontrole. Für die geographische Länge werden neben den Chronometerlängen die Methoden der Monddistanzen (mit ausführlichen Tafeln im Anhang) und der Sternbedeckungen gelehrt. Der Rest des Bandes ist den Gezeiten gewidmet.

Der Gegenstand des dritten Bandes ist nicht so scharf umgrenzt wie bei den zwei andern Bänden; es wird so nicht ausbleiben, dass dem Einen in diesem Theil Manches überflüssig erscheint, der Andere Dies und Jenes mehr aufgenommen wünschte. Die Messungen, um die es sich hier handelt, werden wie folgt eingetheilt: Aufnahme eines kleinen Küstengebietes; Aufnahme eines Hafens oder einer Reede; Aufnahme von Untiefen. Bei der

Grundlinienmessung wird nur die einfachste Messung mit dem 20 *m*-Stahlband angeführt, sodass also nicht einmal von Basismessung 2. Ord. (Jäderin's und ähnlichen Methoden) die Rede ist; sogar die verschiedenen Arten von Parallaxendistanzmessung sollen eine „Basis" liefern können. Entsprechend einfach sind die Angaben über Triangulirung gehalten. Der Topographie liegen dann im Wesentlichen Polygonzüge zu Grund, wobei zur Seitenmessung auch wieder die Messung des Parallaxenwinkels nach den zwei Marken (in 4 *m* Abstand) des „Distanzbalkens" dient; die Tachymetrie, *S. 38 u. flgde.*, ist wohl für Solche, die in der Sache nicht bereits Bescheid wissen, zu kurz behandelt. Auch die Notizen über Breiten-, Längen- und Azimutbestimmung, die hier nochmals geboten werden, liefern doch wohl zu wenig Anhaltspunkte; warum soll hier für Zeit und Breite „nur der Sextant, der Prismenkreis" (s. oben) „und der künstliche Horizont in Betracht kommen" und nicht auch der „kleine Theodolit" ausreichen? Im Gegentheil sind mit dem kleinen Universalinstrument rascher bessere Zeit-, Breiten- und Azimutbestimmungen zu erlernen als mit dem schwierig *vollständig* zu untersuchenden Sextanten.

Der Anhang giebt Formulare für die Feldbücher, deren Einrichtung vielfach übersichtlicher zu wünschen wäre (vgl. z. B. das Nivellirbuch *S. 71* und das Tachymeterformular *S. 72 u. 73*), und Tabellen, z. B. eine solche der barometrischen „Steigungshöhen" (unbequem; vgl. die Mittel für die Höhenstufen, die der Ref. hier angegeben hat, *diese Zeitschr.* **16.** *S. 161. 1896*); wäre statt dieses Ausdrucks nicht „barometrische Höhenstufen" des Ref. angezeigt, der doch jetzt so ziemlich allgemein angenommen ist? Die (tachymetrische) „Höhentafel" ist den „Kotentafeln für die entfernungsmessende Kippregel" der preussischen Landesaufnahme entnommen.

Im Ganzen wird das schöne Werk seine Bestimmung, Anleitung und Hülfsbuch für die Schiffsführer unserer Kriegs- und Handelsmarine zu sein, trefflich erfüllen

Hammer.

E. Hammer, Der Hammer-Fennel'sche Tachymeter-Theodolit u. die Tachymeterkippregel zur unmittelbaren Lattenablesung v. Horizontaldistanz u. Höhenunterschied. (D.R.P. 122901.) Beschreibg. u. Anleitg. zum Gebrauch des Instruments. Erste Genauigkeitsversuche. gr. 4°. III, 52 S. m. 16 Fig. u. 2 lith. Taf. Stuttgart, K. Wittwer 1901. 2.80 M.

G. C. Comstock, *Textbook of Astronomy.* 8°. 401 S. m. Fig. London 1901. Geb. in Leinw. 7,80 M.

W. M. Gillespie, *Treatise on Surveying, comprising theory and practice.* Erweitert durch C. Staley. 2 Bde. roy. 8°. 1036 S. m. Fig. London 1901. Geb. in Leinw. 22,00 M.

A. Korn, Abhandlungen zur Potentialtheorie. 4. Hft. gr. 8°. Berlin, F. Dümmler's Verl. 1901. 1,00 M.

4. Ueb. d. Differentialgleichung $\Delta U + k q^2 U = f$ und die harmonischen Funktionen Poincaré's. 55 S. 1902.

E. A. Brauer, Springende Logarithmen. Abgekürzte fünfstell. Logarithmentafel m. zunehm. Grundzahl-Stufen. Zum Gebrauch f. techn. Rechngn. bearb. gr. 4. 8 S. Karlsruhe, G. Braun'sche Hofbuchdr. 0,90 M.

M. T. Zsakulá, Gleichstrommessungen. Handb. f. Studirende u. Ingenieure. gr. 8°. XII, 306 S. m. Fig. Berlin, L. Marcus 1901. Geb. in Leinw. 8,00 M.

W. F. Stanley, *Surveying and Levelling Instruments, theoretically and practically described.* 3. Ausg. 8°. 578 S. m. Illustr. London 1901. Geb. in Leinw. 7,80 M.

J. Boussinesq, *Théorie analytique de la Chaleur, mise en harmonie avec la Thermodynamique et la théorie mécanique de la Lumière.* 2 Bde. Bd. I: *Problèmes généraux.* gr. 8°. XXVII, 333 S. m. 14 Fig. Paris 1901. 8,50 M.

G. K. Burgess, *Recherches sur la constante de gravitation.* gr. 8°. 61 S. Paris 1901.

T. Preston, *The Theory of Light.* 3. Ausg., hrsg. von C. J. Joly. 8°. 606 S. m. Fig. London 1901. Geb. in Leinw. 15,50 M.

Namen- und Sach-Register.

Absorption s. Optik.
Addenbrooke, G. L., Quadrantenelektrometer für Wechselstrommessgn. 123.
Aktinometrie: Dampfkalorimeter z. Messg. d. Sonnenwärme, Buchanan 235.
Akustik: Höchste hörbare u. unhörbare Töne, König 23. — Methode, d. Schwinggn. e. Stimmgabel zu unterhalten, Guillet 218. — Methode z. Bestimmg. der Schwingungszahl v. Stimmgabeln, Reed 232.
Almukantar s. Astronomie.
Anemometer s. Meteorologie II.
Astronomie: Crossley-Reflektor d. Lick-Sternwarte, Keeler 20. — Almukantar d. Sternwarte zu Durham, Sampson 53. — Ergebnisse der in den letzten Jahren ausgeführten Untersuchgn. im ultrarothen Theil d. Sonnenspektrums, Langley 121. — Meridian-Mire m. zylindr. Spiegel, Lippmann 156. — Refraktion innerhalb des Fernrohres, Renton 182. — Mechan. Kompensation d. Drehg. des Gesichtsfeldes d. Siderostaten, Turner 208. — Mechan. Kompensation d. Drehg. des Gesichtsfeldes d. Siderostaten, Plummer 209. — App. z. Mitführg. d. photograph. Platte, welche den von einem Siderostaten kommenden Strahlen exponirt ist, Lippmann 210. — Mechan. Kompensation d. Rotation des von einem Siderostaten od. Heliostaten gelieferten Gesichtsfeldes, Cornu 210. — Astronom. Nivellement durch Württemberg etwa entlang d. Meridian 9° 4' östl. v. Greenwich, Hammer 211. — Direkte Polhöhenbestimmung f. einen Punkt in Stuttgart, Hammer 211. — Elektr. Heizeinrichtg. d. Potsdamer Sternspektrographen Nr. III, Hartmann 313. — Kleines Durchgangsinstrument, Fennel 326. — Meteorograph f. veränderl. Polhöhe mit grossem Bildfeld u. vollständig freier Visur, Kostersitz 334.
Auerbach, F., Härte v. Metallen — Elastizität u. Härte von krystallisirter, amorpher u. wasserhaltiger Kieselsäure 21.
Auftrageapparate s. Geodäsie.
Augenabstandsmesser siehe Ophthalmologie.
Ausdehnung: Bestimmung d. Ausdehng. des Jenaer Verbrennungsröhrenglases, Bottomley, Evans 23. — Ausdehng. v. Porzellan u. Glas in hoher Temperatur, Holborn, Grüneisen 273. — Drehkomparator z. Vergleichg. u. Ausdehnungsbestimmung v. Maassstäben, Pernet 302. — Korrektion f. d. Skalenausdehng. bei Einschlussthermometern, Wiebe 350.
Austin, L. W., Anwendg. d. Manometerflamme beim Telephon 158.
d'Avila, *Nivelamentos de precisão em Portugal* 344.

Bädecker, K., Dielektrizitätskonstante einiger Gase u. Dämpfe in ihrer Abhängigkeit v. d. Temperatur 307.
Bayrac, P., s. Camichel.
Beattie, R., Fehlerquelle beim Gebrauch e. ballistischen Galvanometers 60.
Bělopolsky, A., App. z. Demonstr. d. Doppler-Fizeau'schen Prinzips 266.
Benton, J. R., Bestimmg. d. Poisson'schen Zahl mit Hülfe eines Interferenzapp. 156.
Berger, M., Zeichenapp. f. schwache Vergrössergn. 171.
Bigourdan, G., *Système métrique des poids et mesures* 279.
Blondel, A., Oszillograph 239.
Borel, Hülfskompensation f. Chronometer 20.
Bosch, J., & Söhne, Waage mit konstanter Empfindlichkeit 303.
Bottomley, J. T., u. W. T. Evans, Bestimmg. d. Ausdehng. des Jenaer Verbrennungsröhrenglases 23.
Boucher, Logarithm. Rechenschieber 55.
Boudin, M., s. Kamerlingh Onnes.
Boys, C. V., Comptometer 277.
Brace, B., Nachweis d. Zerlegg. des Lichtes in zwei zirkulare Komponenten bei d. elektromagnet. Drehg. der Polarisationsebene 363.
Buchanan, J. Y., Dampfkalorimeter z. Messg. d. Sonnenwärme 235.
Camichel, C., u. P. Bayrac, Methode z. Bestimmg. d. Lage der Absorptionsbanden im Spektrum 186.
Carpentier, Kompensationsapparat 188.
Chattock, A. P., W. E. Walker, u. E. H. Dixon, Empfindl. Manometer 22.
Chronometer: Borel's Hülfskompensation f. Chronometer 20. — Einfluss d. Erdmagnetismus auf ein magnetisirtes Chronometer, Cornu 57. — Prakt. Verfahren, um ein Chronometer vollständig zu kompensiren, Guillaume 212.
Comptometer s. Rechenapparate.
Cornu, A., Einfluss d. Erdmagnetismus auf ein magnetisirtes Chronometer 57. — Mechan. Kompensation d. Rotation des von einem Siderostaten od. Heliostaten gelieferten Gesichtsfeldes 210.
Crémieu, V., Elektr., auf dem Prinzip der Waage beruhende Messinstr. 276.
Crook, Z., Joch zur Aufnahme v. Magnetisirungskurven 310.

Day, A., s. Holborn.
Demonstrationsapparate: Anwendg. d. Manometerflamme beim Telephon, Austin 158. — Tesla-Transformator ohne Oelisolation, Kapp 158. — App z. Demonstration d. Doppler-Fizeau'schen Prinzips, Bělopolsky 266. — Ermittlg. v. Entferngn. u. Höhen aus perspektiv. Beziehgn., Schönemann 278. — Transportabler Apparat f. Cavendish's Versuch üb. Massenanziehg., Kohl 328. — Neue Form d. Wernicke'schen Flüssigkeitsprismas, Leiss, Fuess 356.
Des Coudres, Th., Direkte Methode f. Wechselstromanalyse 187.
Dewar, J., Bestimmg. d. Siedepunktes flüss. Wasserstoffs durch das Wasserstoff- u. Helium-Gasthermometer 233.
Dielektrizitätskonstanten s. Elektrizität I.
Dixon, E. H., s. Chattock.
Dönitz, E., Augenabstandsmesser 260.

Dolezalek, F., Theorie d. Bleiakkumulators 95. — Einfaches u. empfindl. Quadrantelektrometer 345.
Dongier, R., App. z. Messg. der Krümmgn. u. anderer Konstanten e. opt. Systems 362.
Drehkomparatoren s. Maasse.
Druck: Empfindl. Manometer, Chattock, Walker, Dixon 22. — Bestimmg. d. Spannungskoeffizienten reinen Wasserstoffs zwischen 0° und 100° C., Kamerlingh Onnes, Boudin 121. — Bestimmg. d. Spannkraft des gesättigten Wasserdampfes bei Temperaturen zw. — 12° u. + 25°, insbesond. bei 0°, Thiesen, Scheel 175. — Manometer und d. Gasdruckgesetz zw. 1,5 u. 0,01 *mm* Quecksilber, Lord Rayleigh 271. — Angebliche Anomalie d. Sauerstoffs bei geringem Drucke, Thiesen 337. — Messgn. u. Berechngn. üb. d. Korrektionen d. Quecksilbermeniskus in Normal-Gasmanometern, Schalkwijk 358.
Drüner, L., Mikrostereoskopie u. vergrössernde Stereoskopkamera 58.
Drysdale, Ch. V., Universalbrücke nach Carey Foster 217.
Duddell, Oszillograph 239.
Dufour, A., *Tracé d'un Chemin de Fer* 63.

Earhart, R. F., Schlagweite zwischen Platten v. gering. Abstand 92.
Ebert, H., Sarasin's selbstregistrir. Limnimeter 193.
Edelmann, M. Th., Helmholtz' Pendelunterbrecher 124.
Elastizität: Elastizität u. Härte v. krystallisirter, amorpher u. wasserhaltiger Kieselsäure, Auerbach 21. — Bestimmg. d. Poisson'schen Zahl mit Hülfe eines Interferenzapp., Benton 156. — Experimentelle Untersuchgn. üb. d. Deformation bei d. Berührg. elast. Körper, Lafay 335.
Elektrizität: I. Theorie: Anwendg. d. Radiomikrometers zur Messg. kurzer elektr. Wellen, Pierce 27. — Schlagweite zwischen Platten v. gering. Abstand, Earhart 92. — Dielektrizitätskonstanten reiner Flüssigkeiten, Turner 274. — Dielektrizitätskonstante einiger Gase u. Dämpfe in ihrer Abhängigkeit v. d. Temperatur, Bädecker 307. — Nachweis d. Zerlegg. d. Lichtes in zwei zirkulare Komponenten bei d. elektromagnet. Drehg. d. Polarisationsebene, Brace 363. — Scheinbarer Widerstand e. ballist. Galvanometers m. bewegl. Spule, Robertson 366. — Versuche m. e. Hochspannungstransformator Villard 367. — II. Elemente u. Batterien: Untersuchgn. üb. Normal-Elemente, insbesond. üb. d. Weston'sche Kadmium-Element, Jaeger, Lindeck, Reichsanstalt 33, 65. — Messg. hoher Temperaturen, Holborn, Day 84. — III. Messinstrumente: Quecksilbernormale d. Phys.-Techn. Reichsanstalt für das Ohm, Jaeger, Kahle 1. — Kurven-Indikator z. Bestimmg. d. zeitlich. Verlaufs v. Wechselstromkurven u. anderer period. elektr. Vorgänge, Franke 11. — Fehlerquelle beim Gebrauch eines ballistischen Galvanometers, Beattie 60. — Methode z. Bestimmg. d. Frequenz period. Ströme, Kempf-Hartmann 94. — Quadrantenelektrometer f. Wechselstrommessgn., Addenbrooke 123. — Kurbelrheostaten f. Messzwecke, Franke 159. — Direkte Methode f. Wechselstromanalyse, Des Coudres 187. — Kompensationsapp. v. Carpentier 188. — Universalbrücke nach Carey Foster, Drysdale 217. — Ausführungsform d. Feussner'schen Kompensationsapp., Wolff 227. — Oszillographen, Blondel, Duddell, Hotchkiss, Millis 239. — Elektr. App. z. Messg. des Gehalts d. Luft an Grubengas, Léon 246. — System v. elektr. Strom- u. Spannungsmessern, Weiss 276. — Elektr., auf dem Prinzip der Waage beruhende Messinstr., Crémieu 276. — Erzeugg. u. Messg. v. Sinusströmen, Wien 308. — Vollständig astat. Galvanometer, Lippmann 311. — Untersuchgn. üb. Platinwiderstände u. Petrolätherthermometer, Holborn 339. — Einfaches u. empfindl. Quadrantenelektrometer, Dolezalek 345. — IV. Mikrophone, Telephone, Grammophone, Phonographen u. s. w.: Studium entfernter Gewitter mittels d. Elektro-Radiophons, Tommasina 60. — Anwendg. d. Manometerflamme beim Telephon, Austin 158. — V. Beleuchtung: Herstellg. u. Montirg. der Quecksilberlampe, Lummer, Reichsanstalt 201. — VI. Allgemeines: Elektr. Mikrometer, Shaw 123. — Helmholtz' Pendelunterbrecher, Edelmann 124. — Tesla-Transformator ohne Oelisolation, Kapp 158. — Bestimmgn. zur Ausführg. d. Gesetzes, betr. d. elektr. Maasseinheiten 180. — Saitenunterbrecher, Honda, Shimizu 190. — Methode, die Schwinggn. einer Stimmgabel zu unterhalten, Guillet 218. — Elektr. Heizeinrichtg. d. Potsdamer Sternspektrographen Nr. III, Hartmann 313.
Elektrometer s. Elektrizität III.
Elemente s. Elektrizität II.
Entfernungsmesser: Notiz zu dem Referat: B. Kaibel, Militärdistanzmesser (*diese Zeitschr.* ***20.*** *S.* *366.* *1900*), Hammer 64. — Erwiderung, Kaibel 128. — Ermittlg. v. Entferngn. u. Höhen aus perspektiv. Beziehgn., Schönemann 278. — Hensoldt'scher Entfernungsmesser 311. — Bemerkgn. üb. d. Hensoldt'schen Entfernungsmesser, Leman 368. — Erwiderg. auf d. vorstehend. Bemerkgn., Hammer 370.
Erdbebenapparate s. Seismometrie.
Erdmagnetismus s. Magnetismus.
Etzold, R., Zeitbestimmg. mittels d. Passage-Instruments 219.
Evans, W. T., s. Bottomley.

Fabry, Ch., u. A. Perot, Beschaffenheit d. gelben Natriumlinien 25. — Interferometer 237.
Farbgläser s. Glas.
v. Fedorow, E., Universalgoniometer m. mehr als zwei Drehachsen u. genaue graphische Rechng. 26.
Fennel, A., Kleines Durchgangsinstrument 326.
Fernrohre: Crossley-Reflektor d. Lick-Sternwarte, Keeler 20. — Almukantar d. Sternwarte zu Durham, Sampson 53. — Refraktion innerhalb des Fernrohres, Renton 182.
Fischer-Hinnen, J., Methode zur Analyse harmon. Wellen 342.
Flüssigkeiten: App. z. Bestimmg. d. spezif. Wärme fester u. flüss. Körper, Louguinine 57. — Dielektrizitätskonstanten reiner Flüssigkeiten, Turner 274. — Studien üb. d. Thermochemie sehr verdünnter Lösgn., v. Steinwehr 338.
Fluoreszenz s. Optik.
Franke, R., Kurven-Indikator z. Bestimmg. d. zeitlich. Verlaufs v. Wechselstromkurven u. anderer period. elektr. Vorgänge 11. — Kurbelrheostaten f. Messzwecke 159.
Fritsch, C., Spaltvorrichtg. an Spektralapp. 59.
Fuess, R., Neue Form d. Wernicke'schen Flüssigkeitsprismas, Leiss 356.

Galvanometer s. Elektrizität III.
Gase: Bestimmg. d. Spannungskoeffizienten reinen Wasserstoffs zw. 0° u. 100° C., Kamerlingh Onnes, Boudin 121. — Bestimmg. d. Spannkraft des gesättigten Wasserdampfes bei Temperaturen zw. — 12° u. + 25°, insbesond. bei 0°, Thiesen, Scheel 175. — Verflüssigg. d. Wasserstoffs, Travers 213. — Bestimmg. d. Siedepunktes flüss. Wasserstoffs durch das Wasserstoff- u. Helium-Gasthermometer, Dewar 233. — Elektr. App. z. Messg. des Gehalts d. Luft an Grubengas, Léon 246. — Manometer und d. Gasdruckgesetz zw. 1,5 u. 0,01 *mm* Quecksilber, Lord Rayleigh 271. — Dielektrizitätskonstante einiger Gase u. Dämpfe in ihrer Abhängigkeit v. d. Temperatur, Bädecker 307. — Angebliche Anomalie d. Sauerstoffs bei geringem Drucke, Thiesen 337. — Experimentelle Be-

stimmg. d. Oberflächenspanng. flüss. Luft, Grunmach 357. — Behandlg. verflüssigter Gase in zugesiegelten Röhren, Moissan 355.
Geodäsie: I. Basismessungen. — II. Astronomisch-geodätische Instrumente s. Astronomie. — III. Apparate zum Winkelabstecken. — IV. Winkelmessinstrumente u. Apparate f. Topographie. — V. Höhenmessinstrumente u. ihre Hülfsapparate. — VI. Tachymetrie: Notiz zu dem Referat: B. Kaibel, Militärdistanzmesser (*diese Zeitschr.* **20.** *S.* 366. *1900*), Hammer 64. — Erwiderung, Kaibel 128. — Ermittlg. v. Entferngn. u. Höhen aus perspektiv. Beziehgn., Schönemann 278. — Hensoldt'scher Entfernungsmesser 311. — Bemerkgn. üb. d. Hensoldt'schen Entfernungsmesser, Leman 368. — Erwiderg. auf vorstehend. Bemerkgn., Hammer 370. — VII. Allgemeines: Auftrage-App. f. Polarkoordinaten, Schwind 125. — Patent-Kreisrechenschieber zum Distanz- u. Höhenmessen 183. — Neigungsmesser, Pulfrich 205.
Geschichte: Aeltere Porträtobjektive, v. Rohr 49.
Glas (s. a. Laboratoriumsapparate): Bestimmg. d. Ausdehng. des Jenaer Verbrennungsröhrenglases, Bottomley, Evans 23. — Farbgläser f. wissenschaftl. u. techn. Zwecke, Zsigmondy 97. — Jenenser Lichtfilter, Grebe 101. — Ausdehng. v. Porzellan u. Glas in hoher Temperatur, Holborn, Grüneisen 273. — Korrektion f. d. Skalenausdehng. bei Einschlussthermometern, Wiebe 350.
Goniometer s. Krystallographie.
Grebe, C., Jenenser Lichtfilter 101.
Grüneisen, E., s. Holborn.
Grunmach, L., Experimentelle Bestimmg. d. Oberflächenspanng. flüss. Luft 357.
Guillaume, Ch. Ed., Prakt. Verfahren, um ein Chronometer vollständig zu kompensiren 212.
— u. L. Poincaré, *Rapports présentés au Congrès de Physique à Paris en 1900* 30.
Guillet, A. u. V., Methode, die Schwinggn. e. Stimmgabel zu unterhalten 218.

Hammer, E., Notiz zu d. Referat: B. Kaibel, Militärdistanzmesser (*diese Zeitschr.* **20.** *S.* 366. *1900*) 64. — Erwiderung, Kaibel 128. — Astronom. Nivellement durch Württemberg etwa entlang d. Meridian 9°4' östl. v. Greenwich 211. — Direkte Polhöhenbestimmg. f. einen Punkt in Stuttgart 211. — Erwiderg. auf A. Leman, Bemerkgn. üb. d. Hensoldt'schen Entfernungsmesser (*diese Zeitschr.* **21.** *S.* 368. *1901*) 370.
Hartmann, J., Elektr. Heizeinrichtg. d. Potsdamer Sternspektrographen Nr. III 313.
Hebe, P., s. Wiebe.
Hecker, O., Vortheile d. Anwendg. v. Instrumenten m. Dämpfg. f. d. Erdbebenforschg. 81. — Untersuchg. d. Konstanz v. Siedethermometern aus d. Glase 59^{III} 133.
Heliostaten s. Astronomie.
Hensoldt, Entfernungsmesser 311.
Herschkowitsch, M., App. z. Photometriren in allen Richtgn. d. Raumes 364.
Herz, N., Wahrscheinlichkeits- u. Ausgleichsrechng. 96.
Holborn, L., Untersuchgn. üb. Platinwiderstände u. Petroläthertherinometer 339.
— u. A. Day, Messg. hoher Temperaturen 84.
— u. E. Grüneisen, Ausdehng. v. Porzellan u. Glas in hoher Temperatur 273.
Honda, R., u. S. Shimizu, Saitenunterbrecher 190.
Hotchkiss u. Millis, Oszillograph 239.

Interferenzapparate s. Optik.

Jadanza, N., *Tavole tacheometriche sessagesimali* 159.
Jaeger, W., u. K. Kahle, Quecksilbernormale d. Phys.-Techn. Reichsanstalt für das Ohm 1.
— u. St. Lindeck, Untersuchgn. üb. Normal-Elemente, insbesond. üb. d. Weston'sche Kadmium-Element 33, 65.
Joch s. Magnetismus.
Johnson, J. B., *The Theory and Practice of Surveying* 218.

Kadmium-Elemente s. Elektrizität II.
Kahlbaum, G. W. A., Horizontal-Schliff m. Quecksilberverschluss 265.
Kahle, K., s. Jaeger.
Kaibel, B., Erwiderung auf d. Referat: Militärdistanzmesser (*diese Zeitschr.* **20.** *S.* 366. *1900*) und auf d. Notiz (*diese Zeitschr.* **21.** *S.* 64. *1901*) 128.
Kameras s. Photographie.
Kamerlingh Onnes, H., u. M. Boudin, Bestimmg. d. Spannungskoeffizienten reinen Wasserstoffs zw. 0° u. 100° C. 121.
Kapp, A. W., Tesla-Transformator ohne Oelisolution 158.
Karten: Auftrage-App. f. Polarkoordinaten, Schwind 125.
Keeler, J. E., Crossley-Reflektor d. Lick-Sternwarte 20.
Kempf-Hartmann, R., Methode z. Bestimmg. d. Frequenz period. Ströme 94.
Kennedy, N., *Surveying with the Tacheometer* 61.
Knipp, Ch. T., Selbstthät. Thermoregulator 181.
Koch, K. R., Relative Schweremessgn. I. Messgn. auf 10 Stationen d. Tübinger Meridians 269.
König, R., Höchste hörbare u. unhörbare Töne 23.
Koenigsberger, J., Absorption d. Lichts in festen Körpern 59, 362. — Mikrophotometer z. Messg. d. Absorption d. Lichts 129.
Kohl, M., Transportabler App. f. Cavendish's Versuch üb. Massenanziehg. 328.
Koll, O., Theorie der Beobachtungsfehler u. Methode d. kleinsten Quadrate mit ihren Anwendgn. auf die Geodäsie u. die Wassermessgn. 311.
Komparatoren s. Maasse.
Kompensationsapparate s. Elektrizität III.
Kostersitz, K., Meteorograph f. veränderl. Polhöhe mit grossem Bildfeld u. vollständig freier Visur 331.
Kreisrechenschieber s. Rechenapparate.
Krüss, H., Anwendg. einer Skale bei mehrprismigen Spektralapp. mit automat. Einstellg. 161. — App. z. Photometriren in allen Richtgn. d. Raumes 364.
Krystallographie: Universalgoniometer m. mehr als zwei Drehachsen u. genaue graphische Rechng., v. Fedorow 26. — Kontaktgoniometer u. Transporteur einfacher Konstruktion, Penfield 185. — Dreikreisiges Goniometer, Smith 239.
Kurven: Kurven-Indikator z. Bestimmg. d. zeitlich. Verlaufs v. Wechselstromkurven u. anderer period. elektr. Vorgänge, Franke 11. — Methode z. Analyse harmon. Wellen, Fischer-Hinnen 342.

Laboratoriumsapparate: Schulmikrotom, Neuburger 61. — App. z. Erzeugg. luftlinienfreier Spektra, Miethe 122. — Selbstthät. Thermoregulator, Knipp 181. — Kontaktgoniometer u. Transporteur einfacher Konstruktion, Penfield 185. — Horizontal-Schliff mit Quecksilberverschluss, Kahlbaum 265. — Laboratoriumsbarometer m. automat. Nulleinstellg., Woringer 338. — Wasserbad v. konstanter Temperatur, Schalkwijk 338.
Lafay, A., Experimentelle Untersuchgn. üb. d. Deformationen bei d. Berührung elast. Körper 335.
Lampen: Herstellg. u. Montirg. d. Quecksilberlampe, Lummer, Reichsanstalt 201.
Langley, S. P., Ergebnisse der in den letzten Jahren ausgeführten Untersuchgn. im ultrarothen Theil des Sonnenspektrums 121.
Laussedat, A., *Recherches sur les instruments, les méthodes et le dessin topographiques* 247.
Legrand, E., Fernübertragg. d. Angaben e. Anemometers 184.

Leiss, C., Neue Form d. Wernicke'schen Flüssigkeitsprismas 356.

Leman, A., Bemerkgn. üb. d. Hensoldt'schen Entfernungsmesser (*diese Zeitschr.* 21. *S. 311. 1901*) 368. — Erwiderg. dazu, Hammer 370.

Léon, G., Elektr. App. z. Messg. des Gehalts d. Luft an Grubengas 246.

Lindeck, St., s. Jaeger.

Linsen s. Optik.

Lippmann, G., Meridian-Mire m. zylindr. Spiegel 156. — App. z. Mitführg. d. photograph. Platte, welche den von einem Siderostaten kommenden Strahlen exponirt ist 210. — Vollständig astat. Galvanometer 311.

Literatur (neu erschienene Bücher): Entladg. d. Elektrizität durch Gase, Thomson 29. — *Annuaire pour l'an 1901* 29. — *Rapports presentés au Congrès de Physique à Paris en 1900* 30. — *Surveying with the Tacheometer*. Kennedy 32, 61. — Gauss' Werke 32. — Die Erdströme im deutschen Reichstelegraphengebiet u. ihr Zusammenhang m. den erdmagnet. Erscheingn., Weinstein 32. — Lehrb. d. Differentialgleichgn., Liebmann 32. — Lehrb. d. Experimentalphysik, v. Lommel 32. — Anwendg. d. Differential- u. Integral-Rechng. auf Geometrie, Scheffers 32. — Geodätische Uebgn. f. Landmesser u. Ingenieure, Vogler 32. — Elementare Mechanik als Einleitg. in das Studium d. theoret. Physik, Voigt 32. — *Éléments du calcul et de la mesure des Courants alternatifs*. de Bast 32. — *Cours élémentaire de Mécanique appliquée*, Bocquet 32. — *Tracé d'un Chemin de Fer*, Dufour 63. — Elementare Experimental-Physik, Russner 63. — Anleitg. z. chem.-techn. Analyse, Ahrens 64. — Wissenschaftl. Abhandlgn. d. Phys.-Techn. Reichsanstalt 64. — Einführg. in d. physikal. Praktikum, Rudolphi 64. — *Recueil de Données numériques, publié par la Soc. Française de Physique: Optique*. Dufet 64. — *Royal Observatory. Greenwich*. Maunder 64. — *Treatise on geometr. Optics*, Herman 64. — *Elements of Hydrostatics*. Loney 64. — Sammlg. fünfstell. logarith., trigonometr. u. naut. Tafeln nebst Erklärgn. u. Formeln d. Astronomie, Ligowski 64. — Bremiker's logarithm. trigonometr. Tafeln m. sechs Dezimalstellen 64. — Thermodynamik u. Kinetik der Körper, Weinstein 64. — *Elektriciteit en Magnetisme*. Daniels 64. — *History of wireless Telegraphy 1838—99*, Fahie 64. — *Optical Tables and Data for Opticians*, Thompson 64. — *Electrical Engineering*. Slingo, Brooker 64. — Theorie d. Bleiakkumulators, Dolezalek 95. — *Field Work and Instruments*. Walmisley 95. — *Land Surveying and Levelling*, Walmisley 95. — Wahrscheinlichkeits- u. Ausgleichungsrechng., Herz 96. — Naut., astronom. u. logarithm. Tafeln, Domke 96. — Methoden d. analyt. Chemie, Classen 96. — *Topographic Surveying*. Wilson 126. — *Dictionnaire des mathématiques appliquées*. Sonnet 127. — Grundriss d. anorgan. Chemie, Oppenheimer 127. — Populäre Mittheilgn. z. astronom. u. chronolog. Theile d. preuss. Normalkalenders f. 1902, Foerster, Blenck 127. — Elemente d. Erdmagnetismus u. ihre säkularen Aendergn. während d. Zeitraumes 1550—1915, Fritsche 127. — Kinetische Theorie d. Gase, Warburg 127. — Lehrb. d. Meteorologie, Hann 127. — Grundriss d. Differential- u. Integral-Rechng., Kiepert 127. — Lehrb. d. Experimentalphysik, Warburg 127. — Akkumulatoren z. Aufspeicherg. d. elektr. Stromes, Zacharias 128. — *Histoire de la Physique et de la Chimie*. Hoefer 128. — *Metric System in Theory and Praxis*, Jackson 128. — *Physique*. Langlebert 128. — *Cours de Mécanique élémentaire*. Moulan 128. — *Cours de Physique mathématique: Électricité et Optique*, Poincaré 128. — *Leçons de Physique*, Basin 128. — *Dynamo-electric Machinery*, Sheldon, Mason 128. — *Treatise on Dynamics of a Particle*, Tait, Steele 128. — Technik d. modernen Mikroskops, Kaiser 128. — Vermessungskunde, Miller 128. — Wissenschaftl. Grundlagen d. analyt. Chemie, Ostwald 128. — Verzeichniss d. Veröffentlichgn. aus der Phys.-Techn. Reichsanstalt 1887 bis 1900 128. — *Tavole tacheometriche sessagesimali*. Jadanza 159. — Zeitbestimmg. m. d. Passage-Instrumentes, Etzold 160, 219. — Elektr. Verbrauchsmesser d. Neuzeit, Zacharias 160, 280. — Lehrb. d. Markscheidekunde, Uhlich 190. — Handb. d. elektr. Beleuchtg., Herzog, Feldmann 192. — *Traité théorique et pratique d'Électro-Metallurgie*. Minet 192. — *Mesures électriques*. Gerard 192. — *Principles of Magnetism and Electricity*, Gray 192. — *Traité d'Électricité*, Joubert 192. — *Scientific Papers*. Rayleigh 192. — *Optique des Rayons de Röntgen et des Rayons secondaires qui en dérivent*, Sagnac 192. — *Photographie des Couleurs par la méthode interférentielle de Lippmann*. Berget 192. — Maschinen-Elemente, Bach 192. — Vorträge üb. Mechanik als Grundlage f. das Bau- u. Maschinenwesen, Keck 192. — *Treatise on Physics*. Gray 192. — *Theory and Practice of Surveying*, Johnson 218. — Tychonische Instrumente auf d. Prager Sternwarte, Weinek 219. — Taschenb. d. prakt. Photographie, Vogel 220. — *Introduction to Physical Chemistry*. Walker 220. — Vierstellige mathemat. Tabellen, Schultz 220. — Prinzipien d. Mechanik, Koenigsberger 220. — *Meteorologia nautica*, Naselli 220. — Faraday u. die engl. Schule d. Elektriker, Thompson 220. — Grundzüge d. niederen Geodäsie, Tapla 220, 279. — Lehrb. d. Navigation, Reichs-Marineamt 220, 371. — *Recherches sur les instruments, les méthodes et le dessin topographiques*. Laussedat 247. — *Theory and Practice of Interpolation*. Rice 247. — Internationale wissenschaftl. Bibliothek: Mechanik in ihrer Entwickelung histor.-kritisch dargestellt, Mach 248. — Mechan. Theorie d. Reibg. in kontinuirlichen Massensystemen, Korn 248. — Geometrie d. Dynamen, Study 248. — Arbeitsmethoden f. organ.-chem. Laboratorien, Lassar-Cohn 248. — Einführg. in die mathem. Behandlg. d. Naturwissenschaften, Nernst, Schönflies 248. — Lehrb. d. prakt. Physik, Kohlrausch 248. — Vorlesgn. üb. Mathematik, Kronecker 248. — Vorlesgn. üb. tech. Mechanik, Föppl 248. — *Système métrique des poids et mesures*. Bigourdan 279. — Elektromotoren f. Wechselstrom u. Drehstrom, Roessler 280. — Handb. d. Elektrotechnik: Elektromotoren u. elektr. Arbeitsübertragg., Niethammer, Schulz 280. — Dynamoelektr. Maschinen, Thompson 280. — Elektrochem. Praktikum, Lorenz 280. — Anleitg. z. Gebrauch d. Polarisationsmikroskops, Weinschenk 280. — Anleitg. z. quantitativen chem. Analyse, Fresenius 280. — *Moteurs synchrones à courants alternatifs*. Blondel 280. — *Treatise on the Electromagnetic Phenomena and on the Compass and its Deviations aboard Ship*. Lyons 280. — Vorlesgn. üb. Geschichte d. Mathematik, Cantor 280. — Feldmessen u. Nivelliren, Koenig 280. — Mathemat. Vokabularium, Müller 280. — Partielle Differential-Gleichgn. d. mathemat. Physik, Weber 280. — Theorie d. Beobachtungsfehler u. Methode d. kleinsten Quadrate mit ihren Anwendgn. auf die Geodäsie u. die Wassermessgn., Koll 311. — Eder's Jahrb. f. Photographie u. Reproduktionstechnik f. d. J. 1901 312. — Lehrb. d. Elektrochemie, Arrhenius 312. — Nautische Hülfstafeln, Brensing 312. — *Telegraphie sans fil et les Ondes électriques*, Boulanger, Ferrié 312. *Induction Motor*. Behrend 312 — *Thermal Measurement of Energy*, Griffiths 312. — *Nivelamentos de precisão em Portugal*, d'Avila 344. — Einleitg. in die höhere mathe-

mat. Physik, Weinstein 344. — Erinnergn. an Robert Wilhelm Bunsen u. seine wissenschaftl. Leistgn., Debus 344. — Hammer-Fennel'scher Tachymeter-Theodolit u. Tachymeterkippregel z. unmittelb. Lattenablesg. v. Horizontaldistanz u. Höhenunterschied, Hammer 372. — *Textbook of Astronomy*, Comstock 372. — *Treatise on Surveying, comprising theory and practice*, Gillespie 372. — Abhandlgn. z. Potentialtheorie, Korn 372. — Springende Logarithmen, Brauer 372. — Gleichstrommessgn., Zsakula 372. — *Surveying and Levelling Instruments, theoretically and practically described*, Stanley 372. — *Théorie analytique de la Chaleur, mise en harmonie avec la Thermodynamique et la théorie mécanique de la Lumière*, Boussinesq 372. — *Recherches sur la constante de gravitation*, Burgess 372. — *The Theory of Light*, Preston 372.

Louguinine, W., App. z. Bestimmg. d. spezif. Wärmen fester u. flüss. Körper 57.

Lummer, O., Herstellg. u. Montirg. d. Quecksilberlampe, Reichsanstalt 201.

Lyman, Th., Falsche Spektra beim Rowland'schen Konkavgitter 186.

Maassstäbe u. Maassvergleichungen: Drehkomparator z. Vergleichg. u. Ausdehnungsbestimmg. v. Maassstäben, Pernet 302.

Macé de Lépinay, J., Halbschattenanalysator 90.

Magnetismus u. Erdmagnetismus: Einfluss d. Erdmagnetismus auf ein magnetisirtes Chronometer, Cornu 57. — Joch zur Aufnahme v. Magnetisirungskurven, Crook 310.

Malassez, L., Mikrometerokular 185.

Mallock, A., Neigungsmesser f. Schiffe 216.

Manometer s. Druck.

Melander, G., Universal-Spektralapp. 224.

Messbrücken s. Elektrizität III.

Metalle u. Metall-Legirungen: Härte v. Metallen, Auerbach 21. — Bestimmg. d. Poisson'schen Zahl mit Hülfe eines Interferenzapp., Benton 156.

Meteorologie (Thermometer s. Thermometrie): I. Barometer, Aneroide: Verhalten d. Aneroide bei tiefen Temperaturen, Wiebe, Hebe, Reichsanstalt 331. — Laboratoriumsbarometer m. automat. Nulleinstellg., Woringer 338. — II. Anemometer (Windmesser): Fernübertragg. der Angaben e. Anemometers, Legrand 184.

Miethe, A., App. z. Erzeugg. luftlinienfreier Spektra 122.

Mikrometer: Mikrometerokular, Malassez 185.

Mikrophotometer s. Photometrie.

Mikroskopie: Mikrostereoskopie u. vergrössernde Stereoskopkamera, Drüner 58. — Mikrophotometrie z. Messg. der Absorption d. Lichts, Koenigsberger 129. — Zeichenapp. f. schwache Vergrössergn., Berger 171.

Mikrotome: Schulmikrotom, Neuburger 61.

Mineralogie: Elastizität u. Härte v. krystallisirter, amorpher u. wasserhaltiger Kieselsäure, Auerbach 21. — Opt. Erscheingn. am Turmalin von Elba u. am Quarz, Viola 157.

Moissan, H., Behandlg. verflüssigter Gase in zugesiegelten Röhren 359.

Natriumlinien s. Optik.

Nautik: Neigungsmesser, Pulfrich 205. — Neigungsmesser f. Schiffe, Mallock 216.

Neigungsmesser s. Geodäsie VII u. Nautik.

Nemetz, J., Neuergn. an Waagen, Pensky 298.

Neuburger, J., Schulmikrotom 61.

Normalelemente s. Elektrizität II.

Objektive s. Optik.

Ophthalmologie: Augenabstandsmesser, Dönitz, Zeiss 260.

Optik: I. Theorie, Untersuchungsmethoden u. Apparate für theoretische Forschung: Theorie d. zweilinsig. Objektivs, Strehl 10. — Beschaffenheit d. gelben Natriumlinien, Fabry, Perot 25. — Aeltere Porträtobjektive, v. Rohr 49. — Absorption d. Lichts in festen Körpern, Koenigsberger 59, 362. — Methode z. Dickenbestimmg. dünner Blättchen, Sharp 89. — Geschwindigkeit d. Lichts, Perrotin 90. — Bestimmung d. Poisson'schen Zahl mit Hülfe eines Inferenzapp., Benton 156. — Opt. Erscheingn. am Turmalin von Elba u. am Quarz, Viola 157. — Astigmat. Linsen, Sowter 157. — Vorrichtg. z. Beobachtg. v. Fluoreszenz- u. Opaleszenzerscheingn., Tswett 184. — Falsche Spektren beim Rowland'schen Konkavgitter, Lyman 186. — Methode z. Bestimmg. d. Lage der Absorptionsbanden im Spektrum, Camichel, Bayrac 186. — Stereoskopische Versuche, Pulfrich 221. — Prüfungstafel f. stereoskop. Sehen, Pulfrich 249. — App. z. Demonstration d. Doppler-Fizeau'schen Prinzips, Bélopolsky 266. — Spezif. Drehg. d. Zuckers u. ihre Aenderg. mit der Temperatur u. der Wellenlänge, Pellat 304. — Allg. Eigenschaften d. Bilder, welche bei einem System zentrirter brechender Flächen v. d. Zentralstrahlen erzeugt werden, Sissingh 342. — Nachweis d. Zerlegg. d. Lichtes in zwei zirkulare Komponenten bei d. elektromagnet. Drehg. d. Polarisationsebene, Brace 363. — II. Methoden u. Apparate der praktischen Optik: Universalgoniometer m. mehr als zwei Drehachsen u. genaue graph. Rechng., v. Fedorow 26. — Mikrostereoskopie u. vergrössernde Stereoskopkamera, Drüner 58. — Spaltvorrichtg. an Spektralapp., Fritsch 59. — Halbschattenanalysator, Macé de Lépinay 90. — Farbgläser f. wissenschaftl. u. techn. Zwecke, Zsigmondy 97. — Jenenser Lichtfilter, Grebe 101. — Mikrophotometer z. Messg. der Absorption d. Lichts, Koenigsberger 129. — Anwendg. einer Skale bei mehrprismigen Spektralapp. mit automat. Einstellg., Krüss 161. — Mikrometerokular, Malassez 185. — Herstellg. u. Montirg. d. Quecksilberlampe, Lummer, Reichsanstalt 201. — Neigungsmesser, Pulfrich 205. — Universal-Spektralapp., Melander 223. — Interferometer, Fabry, Perot 237. — Dreikreisiges Goniometer, Smith 239. — Augenabstandsmesser, Dönitz, Zeiss 260. — Neue Form d. Wernicke'schen Flüssigkeitsprismas, Leiss, Fuess 356. — App. z. Messg. d. Krümmgn. u. anderer Konstanten e. opt. Systems, Dongier 362. — App. z. Photometriren in allen Richtgn. d. Raumes, Krüss, Herschkowitsch 364.

Oszillographen s. Elektrizität III.

Pellat, H., Spezif. Drehg. d. Zuckers u. ihre Aenderg. mit der Temperatur u. der Wellenlänge 304.

Pendel u. Pendelmessungen: Methode z. Bestimmg. der Schwingungszahl v. Stimmgabeln, Reed 232. — Relative Schweremessungen. I. Messgn. auf 10 Stationen d. Tübinger Meridians, Koch 269.

Penfield, S. L., Kontaktgoniometer u. Transporteur einfacher Konstruktion 185.

Pensky, B., Neuergn. an Waagen d. Firma J. Nemetz in Wien 298.

Pernet, J., Drehkomparator z. Vergleichg. u. Ausdehnungsbestimmg. v. Maassstäben 302.

Perot, A., s. Fabry.

Perrotin, Geschwindigkeit d. Lichts 90.

Photographie: Aeltere Porträtobjektive, v. Rohr 49. — Mikrostereoskopie u. vergrössernde Stereoskopkamera, Drüner 58. — App. z. Mitführg. d. photograph. Platte, welche den von einem Siderostaten kommenden Strahlen exponirt ist, Lippmann 210. — Meteorograph f. veränderl. Polhöhe mit grossem Bildfeld u. vollständig freier Visur, Kostersitz 334.

Photometrie: Absorption d. Lichts in festen Körpern, Koenigsberger 59, 362. — Mikrophotometer z.

Messg. der Absorption d. Lichts, Koenigsberger 129. — App. z. Photometriren in allen Richtgn. d. Raumes, Krüss, Herschkowitsch 364.
Pierce, G. W., Anwendg. d. Radiomikrometers zur Messg. kurzer elektr. Wellen 27.
Plummer, H. C., Mechan. Kompensation d. Drehg. des Gesichtsfeldes d. Siderostaten 209.
Poincaré, L., s. Guillaume.
Polarisation: Halbschattenanalysator, Macé de Lépinay 90. — Spezif. Drehg. d. Zuckers u. ihre Aenderg. mit der Temperatur u. der Wellenlänge, Pellat 304. — Nachweis d. Zerlegg. d. Lichtes in zwei zirkulare Komponenten bei d. elektromagnet. Drehg. d. Polarisationsebene, Brace 363.
Prismen: Hensoldt'scher Entfernungsmesser 311. — Bemerkgn. üb. d. Hensoldt'schen Entfernungsmesser, Leman 368. — Erwiderg. auf vorstehende Bemerkungen, Hammer 370. — Neue Form d. Wernicke'schen Flüssigkeitsprismas, Leiss, Fuess 356.
Pulfrich, C., Neigungsmesser 205. — Stereoskop. Versuche 221. — Prüfungstafel f. stereoskop. Sehen 249.
Puller, Logarithm. Rechenschieber 55.

Quadrantenelektrometer s. Elektrizität III.
Quarz s. Mineralogie.
Quecksilberlampen s. Elektrizität V und Optik II.

Radiomikrometer s. Elektrizität.
Rayleigh, Lord, Manometer u. das Gasdruckgesetz zw. 1,5 u. 0,01 *mm* Quecksilber 271.
Rechenapparate: Logarithmische Rechenschieber 55. — Patent-Kreisrechenschieber zum Distanz- u. Höhenmessen 183. — Comptometer, Boys 277.
Reed, J. O., Methode z. Bestimmg. der Schwingungszahl v. Stimmgabeln 232.
Reflektoren s. Astronomie.
Reichsanstalt, Physikalisch-Technische: Quecksilbernormale für das Ohm, Jaeger, Kahle 1. — Untersuchgn. üb. Normal-Elemente, insbesond. üb. d. Weston'sche Kadmium-Element, Jaeger, Lindeck 33, 65. — Thätigkeit d. Phys.-Techn. Reichsanstalt i. J. 1900 105, 138. — Herstellg. u. Montirg. d. Quecksilberlampe, Lummer 201. — Verhalten d. Aneroïde bei tiefen Temperaturen, Wiebe, Hebe 331. — Angebliche Anomalie d. Sauerstoffs bei geringem Drucke, Thiesen 337. — Untersuchgn. üb. Platinwiderstände u. Petrolätherthermometer, Holborn 339. — Korrektion f. d. Skalenausdehng. bei Einschlussthermometern, Wiebe 350.
Renton, J., Refraktion innerhalb des Fernrohres 182.
Rheostaten s. Elektrizität III.
Rice, H. L., *Theory and Practice of Interpolation* 247.
Riebel, F., Patent-Kreisrechenschieber zum Distanz- u. Höhenmessen 183.
Robertson, D., Scheinbarer Widerstand e. ballist. Galvanometers m. bewegl. Spule 366.
v. Rohr, M., Aeltere Porträtobjektive 49.
Rose-Innes, J., Prakt. Annäherg. an die thermodynam. Temperaturskale 360.
Rowland'sche Gitter s. Optik.
Russner, J., Elementare Experimental-Physik 63.

Saccharimeter s. Polarisation.
Saitenunterbrecher s. Elektrizität VI.
Sampson, R. A., Almukantar d. Sternwarte zu Durham 53.
Sarasin's selbstregistrir. Limnimeter, Ebert 193.
Schalkwijk, J. C., Wasserbad v. konstanter Temperatur 338. — Messgn. u. Berechngn. üb. d. Korrektionen d. Quecksilbermeniskus in Normal-Gasmanometern 358.
Scheel, K., s. Thiesen.
Schloesser, W., Thermometr. Untersuchgn. 281.
Schönemann, Ermittlg. v. Entferngn. u. Höhen aus perspektiv. Beziehgn. 278.
Schwere und Schweremessungen: Untersuchg. d. Konstanz v. Siedethermometern aus d. Glase 59III, Hecker 133. — Relative Schweremessungen. I. Messgn. auf 10 Stationen d. Tübinger Meridians, Koch 269.
Schwind, Auftrage-App. f. Polarkoordinaten 125.
Seismometrie: Vortheile d. Anwendg. v. Instrumenten m. Dämpfg. f. d. Erdbebenforschg., Hecker 81.
Sharp, C. H., Methode z. Dickenbestimmg. dünner Blättchen 89.
Shaw, P. E., Elektr. Mikrometer 123.
Shimizu, S., s. Honda.
Siderostaten s. Astronomie.
Siedethermometer s. Thermometrie.
Sinusströme s. Elektrizität.
Sissingh, R., Allg. Eigenschaften d. Bilder, welche bei einem System zentrirter brechender Flächen v. d. Zentralstrahlen erzeugt werden 342.
Smith, G. F. H., Dreikreisiges Goniometer 239.
Smith, R., Logarithm. Rechenschieber 55.
Sonnenspektrum s. Spektralanalyse.
Sonnet, H., *Dictionnaire des mathématiques appliquées* 127.
Sowter, R. J., Astigmat. Linsen 157.
Spaltvorrichtungen s. Optik II u. Spektralanalyse.
Spannungsmesser s. Elektrizität III.
Spektralanalyse: Beschaffenheit d. gelben Natriumlinien, Fabry, Perot 25. — Spaltvorrichtg. an Spektralapp., Fritsch 59. — Ergebnisse der in den letzten Jahren ausgeführten Untersuchgn. im ultrarothen Theil d. Sonnenspektrums, Langley 121. — App. z. Erzeugg. luftlinienfreier Spektra, Miethe 122. — Anwendg. einer Skale bei mehrprismigen Spektralapp. mit automat. Einstellg., Krüss 161. — Falsche Spektren beim Rowland'schen Konkavgitter, Lyman 186. — Methode z. Bestimmg. d. Lage der Absorptionsbanden im Spektrum, Camichel, Bayrac 186. — Herstellg. u. Montirg. d. Quecksilberlampe, Lummer, Reichsanstalt 201. — Universal-Spektralapp., Melander 223. — App. z. Demonstration d. Doppler-Fizeau'schen Prinzips, Bélopolsky 266. — Elektr. Heizeinrichtung des Potsdamer Sternspektrographen Nr. III, Hartmann 313.
v. Steinwehr, H., Studien üb. d. Thermochemie sehr verdünnter Lösgn. 338.
Stereoskope s. Optik.
Stimmgabeln s. Akustik.
Stoë, Mikrophotometer z. Messg. der Absorption d. Lichts, Koenigsberger 129.
Strehl, K., Theorie d. zweilinsig. Objektivs 10.
Strommesser s. Elektrizität III.

Tapla, Th., Grundzüge d. nied. Geodäsie 279.
Telephone s. Elektrizität IV.
Temperatur-Regulatoren: Selbstthät. Thermoregulator, Knipp 184. — Wasserbad v. konstanter Temperatur, Schalkwijk 338.
Thermoelektrizität s. Elektrizität.
Thermometrie: Messg. hoher Temperaturen, Holborn, Day 84. — Untersuchg. d. Konstanz v. Siedethermometern aus d. Glase 59III, Hecker 133. — Bestimmg. d. Siedepunktes flüss. Wasserstoffs durch das Wasserstoff- u. Helium-Gasthermometer, Dewar 233. — Thermometr. Untersuchgn., Schloesser 281. — Untersuchgn. üb. Platinwiderstände u. Petrolätherthermometer, Holborn 338. — Korrektion f. d. Skalenausdehng. bei Einschlussthermometern, Wiebe 350. — Prakt. Annäherg. an d. thermodynam. Temperaturskale, Rose-Innes 360.
Thiesen, M., Angebliche Anomalie d. Sauerstoffs bei geringem Drucke 337.

Thiesen, M., u. K. Scheel, Bestimm. d. Spannkraft des gesättigten Wasserdampfes bei Temperaturen zw. — 12° u. + 25°, insbesond. bei 0° 175.
Thomson, J. J., Entladg. d. Elektrizität durch Gase 29.
Tommasina, Th., Studium entfernter Gewitter m. d. Elektro-Radiophons 60.
Transformatoren s. Elektrizität.
Travers, M. W., Verflüssigg. d. Wasserstoffs 213.
Tswett, M., Vorrichtg. z. Beobachtg v. Fluoreszenz- u. Opaleszenzerscheingn. 184.
Turmalin s. Mineralogie.
Turner, B. B., Dielektrizitätskonstanten reiner Flüssigkeiten 274.
Turner, H. H., Mechan. Kompensation d. Drehg. des Gesichtsfeldes d. Siderostaten 208.

Uhlich, P., Lehrb. d. Markscheidekunde 190.
Universalbrücken s. Elektrizität.
Unterbrecher s. Elektrizität.

Verbrennungsröhrenglas s. Glas.
Villard, P., Versuche m. e. Hochspannungstransformator 367.
Viola, C., Opt. Erscheingn. am Turmalin von Elba u. am Quarz 157.
Vogel, E., Taschenb. d. prakt. Photographie 220.

Waagen u. Wägungen: Neuergn. an Waagen d. Firma J. Nemetz in Wien, Pensky 298. — Waage mit konstanter Empfindlichkeit, Bosch & Söhne 303.
Wärme: I. Theorie: App. z. Bestimmg. d. spezif. Wärmen fester u. flüss. Körper, Louguinine 57. — Messg. hoher Temperaturen, Holborn, Day 84. — Ausdehng. v. Porzellan u. Glas in hoher Temperatur, Holborn, Grüneisen 273. — Studien üb. d. Thermochemie sehr verdünnter Lösgn., v. Steinwehr 338. — Prakt. Annäherg. an d. thermodynam. Temperaturskale, Rose-Innes 360. — Abhängigk. d. Absorption d. Lichtes in festen Körpern v. d. Temperatur, Koenigsberger 362. — II. Apparate: Selbstthät. Thermoregulator, Knipp 184. — Dampfkalorimeter z. Messg. d. Sonnenwärme, Buchanan 235. — Wasserbad v. konstanter Temperatur, Schalkwijk 338
Walker, W. E., s. Chattock.
Walmisley, A. Th., *Field Work and Instruments* 95.
Wasserstandsanzeiger (Fluthmesser, Pegel): Sarasin's selbstregistrir. Limnimeter, Ebert 193.
Wasserstoff s. Gase.
Wechselstromkurven s. Elektrizität u. Kurven.
Weinek, L., Tychonische Instrumente auf d. Prager Sternwarte 219.
Weiss, P., Logarithm. Rechenschieber 55. — System v. elektr. Strom- u. Spannungsmessern 276.
Weston-Elemente s. Elektrizität II.
Widerstände s. Elektrizität III.
Wiebe, H. F., Korrektion f. d. Skalenausdehng. bei Einschlussthermometern 350.
— u. P. Hebe, Verhalten d. Aneroide bei tiefen Temperaturen, Reichsanstalt 331.
Wien, M., Erzeugg. u. Messg. v. Sinusströmen 308.
Wilson, H. M., *Topographic Surveying* 126.
Windmesser s. Meteorologie II.
Wolff, O., Ausführungsform d. Feussner'schen Kompensationsapp. 227.
Woringer, B., Laboratoriumsbarometer m. automat. Nulleinstellg. 338.

Zacharias, J., Elektr. Verbrauchsmesser der Neuzeit 280.
Zeiss, C., Mikrostereoskopie u. vergrössernde Stereoskopkamera, Drüner 58. — Zeichenapp. f. schwache Vergrössergn., Berger 171. — Neigungsmesser, Pulfrich 205. — Stereoskop. Versuche, Pulfrich 220. — Prüfungstafel f. stereoskop. Sehen, Pulfrich 249. — Augenabstandsmesser, Dönitz 260.
Zsigmondy, R., Farbgläser f. wissenschaftl. u. techn. Zwecke 97.
Zucker s. Polarisation.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

ZEITSCHRIFT

FÜR

INSTRUMENTENKUNDE.

Organ

für

Mittheilungen aus dem gesammten Gebiete der wissenschaftlichen Technik.

Herausgegeben

unter Mitwirkung der

Physikalisch-Technischen Reichsanstalt

von

E. Abbe in Jena, **Fr. Arzberger** in Wien, **S. Czapski** in Jena, **W. Foerster** in Berlin, **R. Fuess** in Berlin, **E. Hammer** in Stuttgart, **H. Kronecker** in Bern, **H. Krüss** in Hamburg, **H. Landolt** in Berlin, **V. v. Lang** in Wien, **S. v. Merz** in München, **G. Neumayer** in Hamburg, **A. Raps** in Berlin, **J. A. Repsold** in Hamburg, **A. Rueprecht** in Wien, **A. Westphal** in Berlin.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

Einundzwanzigster Jahrgang.

1901.

12. Heft: Dezember.

Inhalt:

F. Dolezalek, Ueber ein einfaches und empfindliches Quadrantenelektrometer S. 345. — H. F. Wiebe, Ueber die Korrektion für die Skalenausdehnung bei Einschlussthermometern S. 350. — C. Leiss, Neue Form des Wernicke'schen Flüssigkeitsprismas S. 356. — Referate: Experimentelle Bestimmung der Oberflächenspannung flüssiger Luft S. 357. — Messungen und Berechnungen über die [illegible]ektionen des Quecksilbermeniskus in Normal-Gasmanometern S. 358. — Behandlung verflüssigter Gase in zugesiegelten Röhren S. 359. — Praktische Annäherung an die thermodynamische Temperaturskale S. 360. — Abhängigkeit der Absorption des Lichtes in [illegible] Körpern von der Temperatur S. 362. — Apparat zur Messung der Krümmungen und anderer Konstanten eines optischen Systems S. 362. — Nachweis der Zerlegung des Lichtes in zwei zirkulare Komponenten bei der elektromagnetischen Drehung der Polarisations[illegible] S. 363. — Apparat zum Photometriren in allen Richtungen des Raumes S. 364. — Der scheinbare Widerstand eines ballistischen Galvanometers mit beweglicher Spule S. 366. — Versuche mit einem Hochspannungstransformator S. 367. — Bemerkungen über den Schmidt'schen Entfernungsmesser S. 368. — Erwiderung auf vorstehende Bemerkungen S. 370. — Neu erschienene Bücher S. 371. [illegible] und Sach-Register: S. 373.

Berlin.

Verlag von Julius Springer.

1901.

Hierzu Beiblatt (Deutsche Mechaniker-Zeitung) Nr. [illegible]

Preislisten zu Diensten.



Preislisten zu Diensten.

Weston Normal Element.

The European Weston [1200]
Electrical Instrument Co. m. b. H.
Specialfabrik elektrischer Messinstrumente
Berlin S. 42, Ritterstr. 88.

Niveaux

Kammerlibellen, Reversionslibellen.

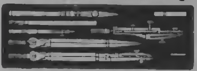
— **Erstklassige Ausführung.** —
Anerkannt von Autoritäten. [1340]
A. Pessler & Sohn, Freiberg in Sachsen.

Spektral-Apparate

zur quantitativen und qualitativen Analyse mit symmetrischen Spalten. [1197]

Optisches Institut von
A. Krüss, Hamburg.

Präcisions-Reisszeuge (Rundsystem).



Cl. Riefler
Nesselwang
und **München.**
Paris 1900: [1279]
Grand Prix.

— Illustrirte Preislisten gratis. —

Verlag von Julius Springer in Berlin N.

Geschichte der Dampfmaschine.

Ihre kulturelle Bedeutung, technische Entwicklung und ihre grossen Männer.

Von
Conrad Matschoss,
Ingenieur.

Mit 188 Abbildungen im Text, 2 Tafeln und 5 Bildnissen.

Elegant gebunden Preis M. 10,—.

Handbuch
der
Astronomischen Instrumentenkunde.

Eine Beschreibung
der
bei astronomischen Beobachtungen benutzten Instrumente
sowie
Erläuterung der ihrem Bau, ihrer Anwendung und Aufstellung zu Grunde liegenden Principien.

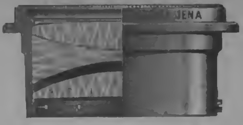
Von
Dr. L. Ambronn,
Professor an der Universität und Observator an der königl. Sternwarte in Göttingen

Zwei Bände.

Mit 1185 in den Text gedruckten Figuren.
In 2 Leinwandbände gebunden Preis M. 60,—.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.







Hierzu eine Beilage von Siemens & Halske, Aktiengesellschaft in Berlin-Charlottenburg.

Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.